



UGR | Universidad
de **Granada**

**IMPORTANCIA DE LA PÉRDIDA MAGINAL ÓSEA COMO CRITERIO DE
ÉXITO EN IMPLANTOLOGÍA A CORTO PLAZO**

**TESIS DOCTORAL
ANA I. LEÓN CANO**

**DIRECTORES
PROF. DR. PABLO A. GALINDO MORENO
PROF. DR. ANDRÉS CATENA MARTÍNEZ**

**DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE GRANADA**

Editor: Universidad de Granada. Tesis doctorales.

Autora: Ana Isabel León Cano

ISBN: 978-84-9125-567-3

URI: <http://hdl.handle.net/10481/42876>



D. PABLO GALINDO MORENO, Profesor Titular de Cirugía Bucal y Maxilofacial, de la Facultad de Odontología de la Universidad de Granada y **D. ANDRÉS CATENA MARTÍNEZ**, Profesor Titular de Anatomía Patológica e Historia de la Medicina, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Granada,

CERTIFICAN:

Que la presente Tesis Doctoral titulada “**IMPORTANCIA DE LA PÉRDIDA MAGINAL ÓSEA COMO CRITERIO DE ÉXITO EN IMPLANTOLOGÍA A CORTO PLAZO**” ha sido elaborada por **DÑA. ANA I. LEÓN CANO** bajo nuestra supervisión, y hallándose concluida, autorizamos su presentación y defensa ante el Tribunal correspondiente.

Y para que así conste, se expide la siguiente certificación en Granada, a Lunes 9 de Noviembre de 2015.

Prof. Dr. D. Pablo Galindo Moreno

Prof. Dr. D. Andrés Catena Martínez

AGRADECIMIENTOS

A Pablo Galindo, por tu apoyo incondicional en todo cuanto he necesitado para llegar hasta aquí. Gracias por tu ayuda siempre desinteresada, por contagiarme tu ilusión por aprender y por regalarme tu valiosa amistad.

A Andrés Catena Martínez, porque su presencia es sinónimo de rigor científico, sabiduría y amabilidad. Gracias de corazón.

A Francisco O'Valle Ravassa, por su disposición en todo momento y por la excelencia de cada una de sus aportaciones científicas. Gracias por el buen trato recibido.

A Miguel Padial Molina, por su valiosa y desinteresada ayuda.

A los colaboradores y aquellas personas que han participado en esta tesis doctoral, gracias por el tiempo dedicado. Vuestra ayuda engrandece este trabajo.

A mis padres y a mi familia, por apoyarme en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida y, muy especialmente, por haberme enseñado el amor y el respeto hacia los demás.

A Andrés, por ayudarme a ser feliz cada día.

Gracias.

Índice

1. JUSTIFICACIÓN	7
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	10
2.1. Objetivos	11
2.1.1. Objetivos principales	
2.1.2. Objetivos secundarios	
2.2. Hipótesis	12
2.2.1. Hipótesis cierta	
2.2.2. Hipótesis nula	
3. INTRODUCCIÓN	13
3.1. Criterios de éxito en Implantología	14
3.2. Pérdida marginal ósea como criterio de éxito	21
3.3. Variables que influyen la pérdida ósea marginal	23
3.3.1. Tipología ósea	23
3.3.2. Periodontitis previa	27
3.3.3. Microbiología del paciente	30
3.3.4. Hábitos	32
3.3.4.1. Higiene	32
3.3.4.2. Tabaco y alcohol	33
3.3.5. Tipo de conexión protésica	36
3.3.6. Anchura biológica	38
3.3.6.1. Platform-switching	38
3.3.6.2. Mucosa queratinizada	41

4. PRESENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS	44
4.1. Material y métodos	44
4.1.1. Población de estudio	45
4.1.2. Procedimiento quirúrgico y restaurador	46
4.1.3. Variables de estudio	47
4.1.4. Evaluación radiográfica	48
4.1.5. Análisis estadístico	48
4.2. Resultados	50
4.2.1. Resultados del Estudio 1	51
4.2.2. Resultados del Estudio 2	54
4.2.3. Resultados del Estudio 3	55
5. DISCUSIÓN	56
6. CONCLUSIONES	67
7. BIBLIGRAFÍA	69
8. ANEXOS	83
8.1. Dictamen del Comité Ético de Investigación Clínica	84
8.2. Compendio de publicaciones y evaluación del impacto	85

Justificación

1. JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas distintos autores han ido proponiendo diferentes criterios para valorar el éxito de los implantes. Inicialmente se evaluó de acuerdo con criterios tales como movilidad, dolor, infección o radiolucidez peri-implantaria (Schnitman and Shulman, 1979, Albrektsson et al., 1986a), pero poco a poco se han ido incorporando otros factores que podrían desempeñar un papel clave en el éxito a largo plazo de los implantes como la anchura de la encía queratinizada (Linkevicius et al., 2009), establecimiento de la anchura biológica (Hermann et al., 2000b) o tipo de conexión (Canullo et al., 2012).

La estabilidad del hueso y los tejidos blandos alrededor de los implantes parece ser un factor crítico en el éxito de los implantes a largo plazo. Se han propuesto posibles causas etiológicas que podrían incidir durante la fase de osteointegración, desde el momento de la colocación del implante hasta la conexión del pilar protésico, o bien después de la carga protésica (Oh et al., 2002). Además otras variables relativas al diseño del implante como su forma, diámetro, tipo de superficie (Aloy-Prosper et al., 2011) o tipo de conexión (Penarrocha-Diago et al., 2013), podrían influir de manera decisiva sobre los niveles de pérdida marginal ósea, y por tanto, sobre su éxito a largo plazo, por lo que nos planteamos que ciertos criterios de éxito universalmente aceptados en los últimos años, deberían ser revisados y adecuados a los diferentes sistemas de implantes.

Por tanto, planteamos este estudio clínico con el doble objetivo de evaluar la influencia sobre el desarrollo de la pérdida ósea marginal de factores relativos al implante como altura del pilar protésico o el tipo de plataforma (interfase implante-pilar), así como establecer o matizar nuevos criterios de éxito en implantes.

Objetivos e hipótesis

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo principal

Analizar la influencia de la pérdida ósea marginal como criterio clave en la definición de éxito en implantes a corto y medio plazo.

2.1.2. Objetivos secundarios

Establecer el nivel crítico de pérdida marginal ósea aceptable alrededor de los implantes dentales durante el establecimiento de la anchura biológica como factor predictivo del desarrollo de peri-implantitis futura.

Analizar el papel de la relación implante-corona en el establecimiento de la anchura biológica y el desarrollo de la pérdida marginal ósea.

Analizar la influencia de la prótesis y sus componentes sobre la pérdida de hueso marginal alrededor de implantes colocados en la región posterior del maxilar superior.

Evaluar el papel de las variables clínicas en la pérdida marginal ósea en los estadios iniciales tras la colocación de la prótesis.

Determinar la pérdida marginal ósea que pueda estar asociada a la geometría del implante

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis cierta

Los criterios de éxito actualmente aceptados en Implantología basados en la pérdida marginal ósea de hasta 2 mm en el primer año de función de la prótesis, no son sensibles para discriminar el desarrollo y evolución de enfermedad peri-implantaria a corto o medio plazo.

2.2.2. Hipótesis nula

Los criterios de éxito actualmente aceptados en Implantología basados en la pérdida marginal ósea de hasta 2 mm en el primer año de función de la prótesis, son sensibles y fiables para discriminar el desarrollo y evolución de enfermedad peri-implantaria a corto o medio plazo.

Introducción

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Criterios de éxito en Implantología

Uno de los primeros intentos de evaluar de manera objetiva el éxito clínico de los implantes orales oseointegrados fue realizado por la Junta Nacional Sueca de Salud y Bienestar en el año 1975. Para ello se utilizaron diferentes parámetros relativos al estado periodontal del implante (índice de placa, índice gingival y profundidad de sondaje), a la restauración protésica (tipo de oclusión), y a la evaluación radiográfica de los mismos (ausencia de radiolucidez peri-implantaria), junto con la opinión subjetiva del paciente sobre el tratamiento recibido (Bergman, 1983). Posteriormente, en 1978 se celebró la Conferencia de Consenso de Harvard donde se establecieron los criterios de éxito y fracaso para todos los tipos de implantes (Schnitman and Shulman, 1979).

En las últimas décadas distintos autores han ido proponiendo diferentes criterios para valorar el éxito de los implantes tales como tasa de supervivencia, estabilidad de la prótesis, pérdida de hueso medida radiográficamente o ausencia de infección en los tejidos blandos que rodean al implante (Albrektsson et al., 1986b, Smith and Zarb, 1989, Buser et al., 1990, Misch et al., 2008). Albrektsson y cols. en 1986 establecieron unos criterios para la evaluación del éxito del implante que fueron mayoritariamente aceptados:

1. Ausencia total de movilidad clínica de un implante unitario no ferulizado.
2. Radiográficamente no debe mostrar evidencias de radiolucidez peri-implantaria.
3. Pérdida marginal ósea inferior a 1-1.5mm durante el primer año de carga funcional, y una pérdida anual posterior a este primer año inferior a 0.2 mm.
4. Ausencia de signos y síntomas tales como dolor, infección, neuropatía, parestesia o invasión del canal mandibular.

5. Tasa mínima de supervivencia a los 5 años de un 85% y a los 10 años de un 80% (Albrektsson et al., 1986b).

Smith y Zarb plantearon en 1989 nuevos criterios de éxito que no incluían la evaluación de índices periodontales o el nivel de salud de los tejidos blandos:

1. Ausencia de movilidad clínica.
2. Ausencia de radiolucidez peri-implantaria.
3. Pérdida ósea anual media, después del primer año de carga, menor a 0.2 mm.
4. Ausencia de molestias y dolor atribuibles al implante.
5. El implante no impide la colocación de una prótesis estéticamente satisfactoria.
6. En base a estos criterios, queda establecida una tasa de éxito del 85% a los 5 años y del 80% a los 10 años, como niveles mínimos de éxito (Smith and Zarb, 1989).

En 1988 se celebró la segunda Conferencia de Consenso, en la que se concluyó que deberían establecerse distintos criterios de éxito para los diferentes sistemas de implantes, sin embargo, no se llegó a un acuerdo y se mantuvieron los criterios de éxito de la primera Conferencia de 1978 (1988). Buser y colaboradores, en el año 1990 plantean nuevos criterios de éxito para los implantes:

1. Ausencia de signos subjetivos de dolor, sensación de cuerpo extraño o disestesia.
2. Ausencia de infecciones recurrentes de los tejidos peri-implantarios con supuración.
3. Ausencia de movilidad.
4. Ausencia de radiolucidez alrededor del implante.

5. Posibilidad de restaurar el implante (Buser et al., 1990).

En 1994 se celebró el Workshop Europeo de Periodoncia en el que se consideró que la ausencia de movilidad, un promedio de pérdida marginal ósea durante el primer año <1.5 mm, una tasa de pérdida marginal ósea tras el primer año de carga <0.2 mm, y ausencia de dolor o parestesia eran criterios de éxito para los implantes. Además se sugirió que deberían evaluarse otros parámetros como profundidad de sondaje y sangrado (Albrektsson and Isidor, 1994).

En el año 1993 James estableció una escala para valorar la calidad y salud de los implantes, que posteriormente fue modificada por Misch en el año 1998. Según este autor, los principales criterios para evaluar el estado de un implante son el dolor y la movilidad, de tal manera que la presencia de alguno de ellos compromete seriamente la permanencia en boca del implante. Planteaba el exceso de carga y stress como causa más común de pérdida marginal ósea y sugirió que el sondaje era mejor método que las radiografías para su determinación (Misch, 1998).

En el año 2007, se reunieron en Pisa un panel de expertos con el objetivo de revisar y proponer nuevos criterios de éxito en Implantología. Se aprobó una nueva escala de salud para los implantes que incorporaba 4 categorías para las distintas condiciones que podía presentar un implante, teniendo en cuenta los siguientes criterios (Misch et al., 2008):

Table 1. Health Scale for Dental Implants*	
Implant Quality Scale Group	Clinical Conditions
I. Success (optimum health)	<ul style="list-style-type: none"> a) No pain or tenderness upon function b) 0 mobility c) <2 mm radiographic bone loss from initial surgery d) No exudates history
II. Satisfactory survival	<ul style="list-style-type: none"> a) No pain on function b) 0 mobility c) 2-4 mm radiographic bone loss d) No exudates history
III. Compromised survival	<ul style="list-style-type: none"> a) May have sensitivity on function b) No mobility c) Radiographic bone loss >4 mm (less than 1/2 of implant body) d) Probing depth >7 mm e) May have exudates history
IV. Failure (clinical or absolute failure)	Any of following: <ul style="list-style-type: none"> a) Pain on function b) Mobility c) Radiographic bone loss >1/2 length of implant d) Uncontrolled exudate e) No longer in mouth

□ Fig 1. Escala de Salud para los Implantes Dentales. International Congress of Oral Implantologists, Pisa, Italia, Conferencia de Consenso, 2007.

1. Dolor

La ausencia de dolor durante la función de un implante una vez que este ha cumplido el periodo de cicatrización de una manera satisfactoria, puede ser considerada como un criterio de éxito subjetivo. No obstante es un síntoma difícil de valorar ya que también puede estar relacionado con una colocación incorrecta de la prótesis o con daños producidos por esta sobre los tejidos blandos que la rodean. Según esta escala de salud para los implantes, cuando la supervivencia de un implante puede estar comprometida (grupo III) puede haber sensibilidad durante la función, sin embargo, si el dolor aparece de una manera clara, se considera fracaso del implante (grupo IV) (Misch et al., 2008).

2. Movilidad

Una correcta oseointegración implica que el implante permanezca clínicamente inmóvil, gracias al contacto directo con

el hueso que lo rodea (Adell et al., 1981). Pero la falta de movilidad clínica, no significa que presente una ausencia completa de movilidad, ya que un implante sano puede definir movimientos menores de 75 μm , sin que deje de considerarse como clínicamente inmóvil. Usualmente la falta de movilidad implica que al menos una porción del implante está en contacto directo con el hueso, mientras que la presencia de movilidad implica que existe tejido conectivo interpuesto entre la superficie del implante y el hueso subyacente, y que por tanto, el implante ha fracasado (Steflik et al., 1987).

3. Pérdida marginal ósea medida radiográficamente

El mantenimiento del hueso alrededor de la cresta del implante se considera un indicador de salud, y los cambios a este nivel pueden ser cuantificados usando como referencia la posición del hueso marginal en el momento de la colocación del implante. El método más validado y comúnmente aceptado por la comunidad científica es el uso de técnicas radiográficas, teniendo en cuenta que con radiografías periapicales convencionales sólo podremos cuantificar el hueso marginal mesial y distal al implante. Para solucionar esta limitación es necesario recurrir a técnicas tridimensionales que permitan medir el volumen del hueso marginal perdido en todo el perímetro del implante (Misch et al., 2008). El avance de la pérdida ósea marginal alrededor de los implantes constituye una amenaza para la supervivencia de los mismos y parece haber acuerdo entre los distintos autores con respecto a mantener niveles estables en los niveles óseos peri-implantarios, estableciendo la estabilización de la pérdida marginal ósea como criterio de éxito (Albrektsson and Zarb, 1993).

4. Profundidad de sondaje

El sondaje del espacio periodontal supone una herramienta diagnóstica excelente en el caso de dientes naturales y permite evaluar el estado de salud y la evolución el mismo. Sin embargo el sondaje en implantes tiene un valor diagnóstico mucho más limitado si no se acompaña de la aparición de signos o síntomas como radiolucidez radiográfica, supuración, sangrado o dolor. Por una lado, se han reportado implantes que bajo una correcta oseointegración y ausencia total de movilidad, presentaban profundidades de sondaje de entre 2-6 mm (Lekholm et al., 1986). Por otra parte, la presión que un operador puede ejercer al sondar es subjetiva y además aun no ha sido establecida la correcta presión que debe aplicarse al sondar en implantes. Además, existe controversia sobre la posibilidad de dañar con el instrumento de sondaje tanto la superficie del implante como los delicados tejidos peri-implantarios. Por estos motivos, la profundidad de sondaje no fue considerada como criterio de éxito primario durante el Consenso de Pisa, aunque si se consideró una condición del grupo III, para implantes con supervivencia comprometida (Misch et al., 2008).

5. Enfermedad peri-implantaria

La peri-implantitis se caracteriza por el desarrollo de lesiones inflamatorias en los tejidos periodontales asociadas a pérdida de soporte en implantes (Zitzmann and Berglundh, 2008). La causa primaria de pérdida ósea inicial puede ser la presencia de bacterias o el stress ocasionado por sobrecarga oclusal, a medida que la pérdida ósea va profundizando, el ambiente anaeróbico selecciona bacterias cada vez más patógenas y destructoras para los tejidos peri-implantarios (Qian et al., 2012). Cuando hay presencia de exudado o un absceso alrededor de un implante es probable que la peri-implantitis se

haya agravado y la pérdida ósea se produzca a mayor velocidad, dando lugar a una situación en la que el implante es más propenso a la aparición de trauma oclusal secundario y movilidad (Misch et al., 2008).

Para Smith y Zarb, un implante puede considerarse exitoso siempre que permita la colocación de una prótesis estéticamente aceptable (Smith and Zarb, 1989). Para Annibali y sus colaboradores, la mayoría de los criterios utilizados son válidos en el caso de restauraciones posteriores maxilares o mandibulares en las que una correcta funcionalidad es el objetivo principal. Sin embargo, en las zonas anteriores donde el aspecto de la rehabilitación protésica también supone un motivo de preocupación para el paciente que incidirá en su calidad de vida, la obtención de resultados estéticos debería considerarse como un criterio más de éxito. Sin embargo, aunque aumenta el interés por la implantología estética, aun no existen criterios de evaluación de los diferentes índices estéticos que hayan sido universalmente aceptados (Annibali et al., 2012).

Papaspyridakos y cols. publicaron un trabajo donde revisaron los criterios que con mayor frecuencia se utilizan en la literatura científica para definir el éxito de un tratamiento con implantes. Los cuatro parámetros más frecuentemente usados estaban relacionados con el implante y sus aditamentos protésicos, tejidos blandos peri-implantarios, prótesis y valoración subjetiva del paciente. A nivel del implante, los criterios más reportados fueron la movilidad, dolor, radiolucidez y pérdida de hueso peri-implantaria (<1.5 mm); para valorar el estado de salud óptimo de los tejidos blandos peri-implantarios los criterios usados eran la presencia de supuración, sangrado y profundidad de sondaje. El éxito de la prótesis implanto-soportada se basaba en la ausencia de complicaciones protésicas, mantenimiento de la misma, así como función y estética adecuadas durante un periodo de 5 años. Finalmente para valorar el nivel de satisfacción del paciente se valoró el confort, y la habilidad y capacidad para comer correctamente (Papaspyridakos et al., 2012).

3.2. Pérdida marginal ósea como criterio de éxito

Se han ido introduciendo nuevos parámetros para evaluar el éxito de los implantes como el aspecto natural de los tejidos blandos peri-implantarios, parámetros relacionados con la prótesis, nivel estético o satisfacción del paciente. Sin embargo, y a pesar de la falta de consenso y de que estos criterios de éxito en Implantología están bajo constante debate, el principal parámetro sigue siendo el mantenimiento de la osteointegración y el control de la pérdida marginal ósea alrededor del implante (Annibali et al., 2012, Belser et al., 2009). La pérdida marginal ósea (MBL) se define como la disminución o el desplazamiento hacia apical del nivel óseo alrededor de un implante, entendiendo el nivel de hueso marginal (mesial y distal) como el primer punto de contacto hueso-implante visible en radiografías (Simons et al., 2015).

La MBL es un indicador del estado de salud de los implantes y normalmente se valora mediante el uso de radiografías que, tomando como referencia la cresta del hueso, permiten medir esta pérdida ósea en mesial y distal del implante. El avance de MBL alrededor de los implantes constituye una amenaza para la supervivencia de los mismos y la mayoría de los autores plantean el mantenimiento de niveles estables en los niveles óseos peri-implantarios, para conseguir la estabilización de MBL como criterio de éxito (Albrektsson and Zarb, 1993).

Son muchos los autores que han reportado tasas de reabsorción ósea marginal durante el primer año de carga funcional que oscilan entre 0-2 mm, así como un promedio de MBL tras este primer año, que podrían considerarse normales y compatibles con el estado de salud del implante (Schnitman and Shulman, 1979, Adell et al., 1981, Albrektsson et al., 1986b, Lekholm et al., 1986, Cox and Zarb, 1987, Buser et al., 1990, Roos et al., 1997, Tarnow et al., 2000, Kline et al., 2002, Roos-Jansaker et al., 2002, Papaspyridakos et al., 2012, Misch et al., 2008, Hurzeler et al., 2007, Weber et al., 2000, Behneke et al., 2000, Widmark et al., 2001, Qian et al., 2012, Fransson et al., 2005). No obstante, con la

aparición de nuevas superficies implantarias con micro y nanorugosidades, así como distintos diseños de plataformas protésicas tales como platform switching, estas tasas de reabsorción ósea anual pueden ser cuestionadas (Lambert et al., 2009, Prosper et al., 2009).

Autor	Año	MBL/primer año	Tasa/año
Adell y cols.	1981	1.5 mm	0.1 mm
Albrektsson	1986	1.5 mm	0.2 mm
Lekholm	1986	0.9 mm	0.05 mm
Cox	1987	1.6 mm	0.13 mm
Buser	1990	3.79 mm	N.R.
James	1993	N.R.	N.R.
Workshop Europeo de Periodoncia	1994	<1.5 mm	<0.2 mm
Hurzeler	1996	1.5 mm	0.2 mm
Roos y cols.	1997	1 mm	0.2 mm
Tarnow y cols.	2000	1.5-2 mm	N.R.
Weber y cols.	2000	0.6 mm	0.05 mm
Behneke y cols.	2000	1.2 mm a los 5 años	0.1 mm
Widmark y cols.	2001	1 mm	0.2 mm
Kline y cols.	2002	0.06 mm	0.04 mm
Roos-Jansaker	2006	1.8 mm	0.2 mm
Fransson y cols.	2005	≥3 espiras	N.R.
Misch	2008	2 mm	N.R.
Pisa	2007	<2 mm desde la 1ª cirugía	N.R.
Papaspyridakos y cols.	2012	1.5 mm	N.R.

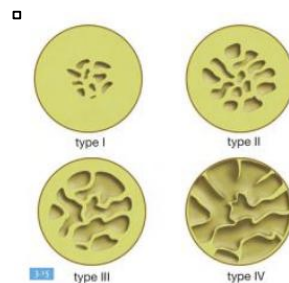
□ Tabla 1. Valores de MBL reportados por diferentes autores como criterio de éxito.

3.3. Variables que influncian la pérdida ósea marginal

3.3.1. Tipología ósea

El hueso es un tejido vivo, dinámico y vascular capaz de remodelarse y transformarse a lo largo de la vida, conteniendo en su interior células vivas, rodeadas de matriz extracelular. La arquitectura ósea se organiza bajo dos formas macroestructurales que son el hueso trabecular (o esponjoso) y el hueso cortical (o compacto), que con diferentes proporciones y geometrías, formarán cada uno de los huesos del cuerpo humano. Así, existen huesos largos (ej: fémur, tibia o húmero), huesos cortos tales como los del carpo (muñeca) o tarso (tobillo), huesos planos, como los huesos del cráneo y huesos irregulares (ej: escápula o pelvis). Esas diferencias en la macro-arquitectura ósea han derivado en una clasificación del hueso utilizada en Implantología Oral, basada en la proporción de hueso cortical y hueso trabecular contenida, mediante su evaluación radiográfica (Leckholm y Zarb 1985).

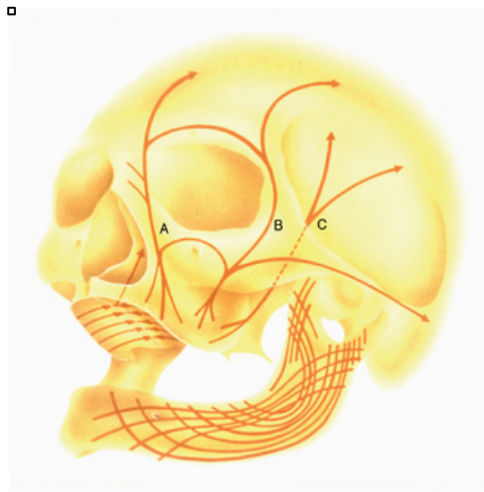
1. **Hueso tipo I**, principalmente formado por hueso cortical homogéneo.
2. **Hueso tipo II**, formado por hueso cortical ancho que rodea el huesoesponjoso denso.
3. **Hueso tipo III**, una cortical delgada rodea al hueso esponjoso denso.
4. **Hueso tipo IV**, hueso con una fina capa cortical que rodea un núcleo mayoritario de escasa densidad ósea.



□ Fig 2. Tipología ósea (Leckholm y Zarb 1985).

El hueso es un órgano que es capaz de cambiar en relación con una serie de factores, incluyendo las hormonas, las vitaminas así como las influencias y parámetros biomecánicos, tales como la duración del edentulismo. Basándose en estos conceptos, Wolff publicó en 1892 que “cada cambio en la forma y función del hueso es seguido por ciertos cambios definidos en la arquitectura interna y en su conformación externa” (Wolff, 1892).

MacMillan y Parfitt han informado sobre las características estructurales y variación en la proporción de hueso trabecular y cortical en las regiones alveolares de los maxilares. Por ejemplo, el maxilar y la mandíbula tienen diferentes funciones. La mandíbula es una unidad independiente diseñada para absorber la fuerza, por eso, cuando los dientes están presentes, tanto la cortical externa como el hueso trabecular son más densos y gruesos. Por otra parte, el maxilar se comporta como una unidad encargada de distribuir y disipar la fuerza, lo que le confiere una cortical delgada y un hueso trabecular fino para soportar los dientes (McMillan et al., 2000, Parfitt, 1988).



□ Fig 3. El maxilar es una unidad de distribución de fuerza y la mandíbula es una unidad de absorción de fuerza (McMillan et al., 2000, Parfitt, 1988).

El hueso tipo IV ha sido en muchas ocasiones propuesto como un hueso de menor calidad y menos aceptable para la colocación de implantes (Jaffin and Berman, 1991), por ello, durante mucho tiempo se ha aceptado que la menor incidencia de fracaso de implantes mandibulares con respecto a los implantes colocados en el maxilar superior se debe a que la mandíbula suele estar formada por hueso del Tipo I o hueso del Tipo II (Adell et al., 1981, Esposito et al., 1998). Sin embargo, contrariamente a lo esperado, algunos estudios no han encontrado diferencias significativas en cuanto a MBL para los distintos tipos de hueso, mientras que si han observado una tendencia hacia una mayor MBL alrededor de implantes colocados en hueso Tipo I que en implantes colocados en hueso Tipo III (Lindquist et al., 1996, Blanes et al., 2007a).

Davies hace referencia a la “paradoja del hueso pobre en calidad” para referirse al hueso Tipo IV y explica las posibles razones por las que un hueso “más débil” se localiza en zonas donde la demandas funcionales y la carga biomecánica son mayores, como es la parte posterior de los maxilares. Por un lado, el intenso trabeculado de este hueso facilita la distribución de la carga oclusal evitando microfracturas. Por otro lado, es un hueso altamente vascularizado con una mayor celularidad con un gran número de células vasculares y mesenquimales indiferenciadas que le confieren una mayor capacidad para soportar el trauma quirúrgico y remodelarse más eficazmente, y así adaptarse a la nueva situación que se produce tras la colocación de un implante con menores tasas de MBL (Davies, 2003).

Simons y cols. realizaron un estudio para intentar relacionar la pérdida marginal ósea temprana en implantes colocados en la parte posterior de la mandíbula con la calidad ósea (ratio hueso cortical/hueso medular). Para ello usaron técnicas tridimensionales con las que pudieron valorar las proporciones relativas de hueso cortical y en distintos puntos alrededor de los implantes. Encontraron que en implantes colocados en mandíbulas con <30% de hueso

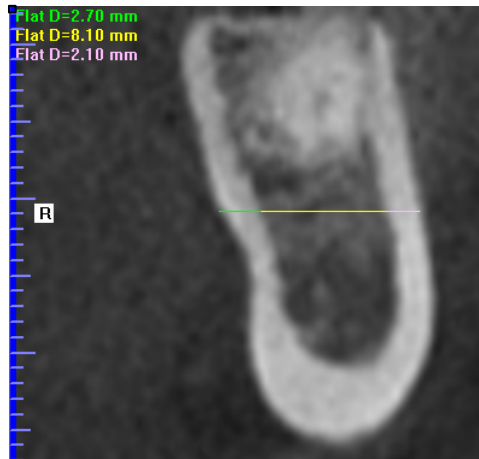
esponjoso se producía una pérdida ósea marginal mesial y distal de 1.49 y 1.83 mm respectivamente, mientras que en implantes colocados en mandíbulas con >60% de hueso esponjoso, estas pérdidas marginales fueron de 0.74 y 0.91 mm, medidas tras 1 año, y a los 3-4 años de carga funcional. Por tanto, estos datos sugieren que es previsible una mayor MBL alrededor de implantes colocados en mandíbulas predominantemente formadas por hueso cortical, que en aquellas con mayores áreas de hueso trabecular (Simons et al., 2015).

Por el contrario, otros estudios como Ganeles y cols. no reportaron diferencias significativas en los niveles de hueso marginal entre los distintos tipos de hueso tras un año de función (Ganeles et al., 2008). Barewal y cols. reportaron resultados similares durante un periodo de observación de 3 años (Barewal et al., 2012). Blanes y cols. en un estudio prospectivo a 10 años observaron que los cambios a nivel del hueso crestral no se veían afectados por la calidad ósea, aunque si reportaron cierta tendencia a una mayor MBL alrededor de implantes colocados en hueso Tipo I (Blanes et al., 2007b). No obstante, hay que considerar que estos estudios evaluaron la calidad ósea de acuerdo con la sensación percibida por el cirujano según la clasificación de Leckholm y Zarb, y esto podría explicar las diferencias entre los distintos estudios.

Un estudio experimental reciente de Rossi y cols. evaluó las fases del proceso de osteointegración durante el primer mes tras la colocación del implante comparando su desarrollo en el hueso cortical y en el hueso trabecular. A los 10 días, el contacto hueso implante era mayor en el área trabecular, y a los 30 días el área trabecular mostraba un mayor porcentaje de hueso nuevo que el área cortical. Por tanto, la densidad ósea puede suponer un factor predictivo adicional de la MBL alrededor de implantes (Rossi et al., 2014).

Son pocos los estudios que relacionan el grosor de la cortical ósea con los cambios producidos fisiológicamente tras la pérdida de los dientes. Klemetti y cols reportaron una mayor disminución en la densidad mineral de las corticales

óseas bucal y lingual, distalmente al foramen apical, en pacientes edéntulos frente a pacientes dentados. Esto indica que la actividad muscular podría desarrollar un papel importante en la regulación de la densidad ósea en pacientes edéntulos. Pero desafortunadamente, no es posible conocer la densidad del hueso cortical y trabecular mediante el empleo de radiografías. No obstante, con el desarrollo de la Tomografía Cone Beam CT, es posible valorar de una manera más precisa la calidad ósea a la vez que ha disminuido el nivel de radiación que reciben los pacientes, aunque la densidad ósea no puede ser valorada en términos de unidades Hounsfield (Chan et al., 2010).



□ Fig 4. Imagen tridimensional de corte frontal mandibular. Medición del grosor de la cortical. Imagen cedida por Dr. Miguel Ángel Velasco.

3.3.2. Periodontitis previa

La periodontitis es una enfermedad crónica inflamatoria que compromete la integridad de los tejidos de soporte del diente, incluyendo la

encia, el ligamento periodontal y el hueso alveolar. No sólo afecta a la pérdida dentaria, también a la salud general del individuo aumentando el riesgo de sufrir arterioesclerosis, complicaciones durante el parto, artritis reumatoide, neumonía por aspiración o incluso cáncer (Genco and Van Dyke, 2010, Han and Wang, 2013). La triada formada por las bacterias anaeróbicas *Porphyromona gingivalis*, *Treponema denticola* y *Tannerella forsithya* se han considerado tradicionalmente como principales agentes causales de esta enfermedad debido a su virulencia y a su fuerte asociación con los sitios afectados (Socransky and Haffajee, 2005). Sin embargo, datos de otros trabajos muy recientes basados en el estudio del genoma de estos microorganismos han llevado a pensar en un nuevo modelo sobre la patogénesis de esta enfermedad, que sugiere una que una mayor diversidad de estos microorganismos estarían envueltos en el origen de esta enfermedad (Hajishengallis and Lamont, 2012, Rosier et al., 2014). En Estados Unidos afecta a un 46% de los adultos mayores de 30 años, entre 2009 y 2012, lo que representa que aproximadamente 64.7 millones de personas mayores de 30 años en este país, padecen esta enfermedad (Eke et al., 2015).

Existe evidencia científica que apoya el concepto de que pacientes con antecedentes de enfermedad periodontal pueden experimentar mayores tasas de MBL y mayor riesgo de fracaso del implante. Son muchos los estudios que comparan las tasas de fracaso en implantes colocados en pacientes periodontalmente comprometidos frente a implantes colocados en pacientes sanos, y la mayoría de ellos encuentran una mayor incidencia de fracasos en pacientes con enfermedad periodontal (Degidi et al., 2009). Karoussis y cols. fueron de los primeros autores que proporcionaron evidencia de que en pacientes con enfermedad periodontal y portadores de implantes dentales, se producía una mayor tasa de fracasos y de complicaciones biológicas en relación a los pacientes periodontalmente sanos (Karoussis et al., 2003).

La Asociación Europea de Osteointegración (EAO) organizó una

Conferencia de Consenso en 2006 en Suiza, con 34 participantes de 13 países diferentes. Se presentó una revisión sistemática que indicaba un aumento significativo de la incidencia de peri-implantitis y MBL en individuos con pérdida de dientes asociada a periodontitis previa. Sin embargo, el pequeño tamaño de la muestra y la metodológica empleada en los dos estudios utilizados sugieren interpretar estos resultados con mucha cautela (Schou et al., 2006).

Efectivamente son muchos los trabajos que han reportado mayores tasas de pérdida ósea peri-implantaria en pacientes periodontalmente comprometidos al compararlos con pacientes sanos (Hardt et al., 2002, Mengel et al., 2007). Roccuzy y sus colaboradores realizaron un estudio retrospectivo con el objetivo de comparar los resultados a largo plazo en implantes colocados en pacientes periodontalmente comprometidos y periodontalmente sanos. Tras un periodo de seguimiento de 10 años, se midieron radiográficamente los cambios óseos encontrando una MBL media de 0.75 ± 0.88 mm en pacientes sanos, 0.98 ± 1.22 mm en pacientes moderadamente comprometidos y 1.14 ± 1.11 mm en pacientes severamente comprometidos, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Más recientemente, Ong y cols. presentaron otra revisión sistemática, basada en los resultados de nueve estudios, que sugirieron que existe evidencia de que los pacientes tratados de enfermedad periodontal pueden experimentar más complicaciones y pérdidas de implantes que los pacientes sin periodontitis (Ong et al., 2008). Todos los estudios incluidos en esta revisión mostraron menos pérdida ósea marginal en el grupo de los pacientes sanos en comparación con el grupo de pacientes con periodontitis tratada, sin embargo sólo dos de ellos, el estudio de Hardt y cols. y el estudio de Hänggi y cols. encontraron diferencias estadísticamente significativas (Hardt et al., 2002, Hanggi et al., 2005), mientras que el resto de estudios no encontraron esta significación (Mengel and Flores-de-Jacoby, 2005, Roos-Jansaker et al., 2006).

Autor y año	Grupos de estudio (n pacientes)	Resultados
Hardt y col (2002)	25 PP, 25 NP	PP, 2.2 ± 0.8 mm; NP, 1.7 ± 0.8 mm Diferencia estadísticamente significativa (P < 0.05)
Karoussis y col (2003)	8 PP, 45 NP	PP mesial, 1 ± 1.4 mm; distal, 0.9 ± 0.7 mm NP mesial, 0.5 ± 1.0 mm; distal, 0.5 ± 1.1 mm No reporta significación
Roos-Jansåker y col (2006)	94 PP, 62 NP	No encuentran diferencias significativas
Gatti y col (2008)	29 NP, 7 MP, 26 SP	SP, 2.57 ± 1.06 mm; MP: 2.72 ± 0.44 mm; NP, 1.24 ± 1.09 mm Los sujetos sanos mostraron menos pérdida ósea que los otros dos grupos (P < 0.001)
De Boever y col (2009)	68 PP, 110 NP	Grupo NP, el 87.8% de los sitios en mesial y distal no mostraron pérdida ósea. Media anual de 0.08 y 0.07 mm respectivamente. Grupo PP, el 79% de los sitios mesial y distal no mostraron pérdida ósea. Media anual de 0.12 y 0.09 mm respectivamente. No diferencias significativas (P > 0.05)
Matarasso y col (2010)	40 PP, 40 NP	Grupo NP, 1.95 ± 0.42 mm (Nobel Biocare), 1.43 ± 0.38 mm (Straumann) Grupo PP, mayor pérdida ósea, significación estadística (P < 0.001)
Aglietta y col (2011)	20 PP, 20 NP	NP, 2.655 ± 0.31 mm (Nobel Biocare), 2.51 ± 0.31 mm (Strauman) PCP, 3.47 ± 1.09 mm (Nobel Biocare), 3.77 ± 1.43 mm (Strauman) Diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05)
Rocuzzo y col (2010)	28 NP, 28 MP, 36 SP	NP, 0.75 ± 0.88 mm; MP, 1.14 ± 1.11 mm; SP, 0.98 ± 1.22 mm in No significación estadística
Cho-Yan Lee y col (2011)	13 RP, 17 NRP, 30 NP	RP, 0.68 ± 1.08 mm; NRP, 0.23 ± 0.84mm; NP, 0.26 ± 0.72 mm Diferencias estadísticamente significativas entre RP y NR, RP y NP (P < 0.05)
Ormianer y col (2012)	30 PP, 16 NP	Al agrupar los implantes en MBL/No MBL, significación estadística (P = 0.0085) Al agrupar MBL en segmentos de mm analizados, (P = 0.1008)

- Tabla 2. MBL asociada a enfermedad periodontal reportada por diferentes autores. PP(pacientes periodontalmente comprometidos), NP (pacientes sin periodontitis), MP (periodontitis moderada), SP (periodontitis severa), RP (bolsas residuales ≥ 6 mm), NRP (no bolsas residuales ≥ 6 mm).

3.3.3. Microbiología del paciente

La peri-implantitis es un proceso inflamatorio irreversible que afecta a los tejidos que rodean al implante y que resulta en una pérdida de hueso de soporte del mismo (Zitzmann and Berglundh, 2008). Parece lógico pensar que las bacterias causantes de las enfermedades periodontales en los dientes puedan

vehiculizarse de tal manera que la inflamación producida en el surco gingival de un diente, se extienda al espacio interproximal y afecte al tejido peri-implantario. De hecho, autores como Lindhe y cols. han reportado que la presencia de enfermedad periodontal es un factor de riesgo muy importante en el desarrollo de peri-implantitis (Lindhe et al., 2008). Y esta idea ha sido reforzada en los últimos años por otros estudios que, usando medios específicos, han tratado de identificar y cuantificar patógenos periodontales encontrados alrededor de implantes (Quirynen and Listgarten, 1990, Renvert et al., 2007). Sin embargo, recientemente aparece evidencia científica de que los microorganismos causantes de enfermedad peri-implantaria, no son necesariamente los mismos que causan la enfermedad periodontal, y que el surco peri-implantario podría ser inmunológicamente, histológicamente y microbiológicamente distinto al surco subgingival (Berglundh et al., 2011, Salvi et al., 2012).

Aggregatibacter actinomycetemcomitans, *Porphyromonas gingivalis* y *Tannerella forsythia* son tres patógenos clave en el proceso de periodontitis (Haffajee and Socransky, 1994) y probablemente también juegan un papel importante en el desarrollo de mucositis y peri-implantitis (Mombelli and Decaillet, 2011). Según Renvert y Polyzois la presencia de bacterias periodontopatógenas supone un indicador de riesgo de desarrollar peri-implantitis (Renvert et al., 2011). Diversos estudios han reportado que ciertos patógenos periodontales pueden ser comunes a dientes e implantes en ciertos individuos (Leonhardt et al., 1993, Tabanella et al., 2009). Dabdoub y cols. han encontrado que un 37% de las bacterias identificadas en el surco gingival, están también presentes en el surco implantario. Sin embargo, la mayor parte de la flora, sobre todo las especies más abundantes, son diferentes en ambos ecosistemas. Así pues, parece que la simple proximidad geográfica no es suficiente para determinar completamente los microorganismos que forman un microambiente (Dabdoub et al., 2013).

El microambiente formado alrededor de un implante puede favorecer la colonización de bacterias anaeróbicas G- de tal manera que muchos

microorganismos a menudo asociados a la enfermedad periodontal, tales como *Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema denticola*, *Prevotella nigrescens*, *Prevotella intermedia* o *Fusobacterium nucleatum* han sido aislados alrededor de implantes con enfermedad peri-implantaria. Mombelli y Decaillet realizaron una revisión bibliográfica sobre las características de los biofilms en enfermedades peri-implantarias, y concluyeron que se trata de una infección anaeróbica con una flora muy parecida, en la mayoría de los casos, a la flora subgingival presente en la periodontitis crónica (Mombelli and Decaillet, 2011). Sin embargo, otros estudios han reportado la presencia de ciertos microorganismos difíciles de aislar en pacientes con periodontitis, en áreas diagnosticadas y afectadas por enfermedad peri-implantaria, como *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, *Candida albicans* y *Pseudomonas aeruginosa* (Renvert et al., 2007, Salvi et al., 2008).

Sin embargo, y a pesar de las diferencias en cuanto a la microflora presente en el surco gingival y en el surco peri-implantario, algunos estudios como Pontoriero y cols, Zitzmann y cols o Salvi y cols, no han encontrado diferencias significativas en la respuesta inflamatoria producida por el hospedador tras la formación del biofilm, ni tampoco en el desarrollo de mucositis o peri-implantitis (Pontoriero et al., 1994, Salvi et al., 2012, Zitzmann et al., 2001). Además, los individuos con historia previa de periodontitis, son más propensos a desarrollar peri-implantitis, pérdida de hueso marginal alrededor de implantes, y finalmente, fracaso del implante (Chrcanovic et al., 2014, Ramanauskaite et al., 2014).

3.3.4. Hábitos

3.3.4.1. Higiene

A pesar de que la inserción mucosa alrededor de un implante muestra, a nivel histológico, diferencias en cuanto a la composición del tejido conectivo, alineación de los haces de fibras colágenas y la distribución de las estructuras

vasculares, diversos estudios realizados tanto en animales como en humanos han demostrado que el efecto de la placa bacteriana sobre los tejidos peri-implantarios genera una reacción inflamatoria similar a la reacción que ocasiona sobre los tejidos gingivales de los dientes naturales. Los estudios desarrollados en perros por Berglundh y sus colaboradores y de Ericsson y sus colaboradores demostraron que la colonización microbiana inicial sobre los implantes de titanio sigue los mismos patrones que sobre los dientes naturales (Berglundh et al., 1992, Ericsson et al., 1992). Pontoriero y sus colaboradores realizaron observaciones similares en humanos, en los que tanto la formación de placa como la respuesta inflamatoria de los tejidos blandos se desarrollaban de igual forma tanto en dientes como en implantes (Pontoriero et al., 1994). Así mismo, el estudio de Zitzmann y colaboradores demostró que la formación de placa está asociada de manera similar con signos de inflamación de mucosa de los implantes y la encía de los dientes (Zitzmann et al., 2001).

3.3.4.2. Tabaco y alcohol

Muchos estudios han demostrado los efectos deletéreos del tabaco sobre la salud oral, y diversos estudios clínicos han reportado una mayor prevalencia de periodontitis moderada y severa en pacientes fumadores y un número más elevado de dientes ausentes en pacientes fumadores (Ciftci et al., 2013, Albandar et al., 2000). Por otra parte, diversos estudios longitudinales han reportado tasas más elevadas de fracaso de implantes en pacientes fumadores, de tal manera que la inserción de implantes en pacientes fumadores afecta significativamente las tasas de fracaso, el riesgo de infecciones postoperatorias y la pérdida de hueso marginal (Nitzan et al., 2005, Schwartz-Arad et al., 2002, Haas et al., 1996).

El tabaco tiene un efecto nocivo sobre los tejidos blandos de la cavidad oral, provocado por el efecto vasoconstrictor de la nicotina, que condiciona un menor aporte sanguíneo a los tejidos, reduciendo el suministro de oxígeno, nutrientes y células defensivas frente a los agentes patógenos de la placa bacteriana (Preber and Bergstrom, 1985). La nicotina también afecta a la

respuesta inmune, interfiriendo la liberación de radicales libres por parte de los neutrófilos y monocitos (Pabst et al., 1995), reduciendo la capacidad de los linfocitos B activados para producir anticuerpos, reduciendo la producción de colágeno y también tiene un efecto adverso sobre la función de los fibroblastos (Giannopoulou et al., 1999).

Distintos autores han reportado mayores tasas de MBL en pacientes fumadores (Lindquist et al., 1997, Haas et al., 1996). De acuerdo con ellos, Levin y cols. observaron que los fumadores de más de 10 cigarrillos al día presentaban una MBL en el maxilar superior mayor que los fumadores de menos de 10 cigarrillos diarios, y éstos a su vez mayor que los no fumadores (Levin et al., 2008). Nitzan y cols. realizaron un estudio para comparar la MBL en un total de 646 implantes colocados en pacientes fumadores y no fumadores, y encontraron tasas de MBL mayores en fumadores (0.153 ± 0.092 mm) que en no fumadores (0.047 ± 0.048 mm). Al examinar independientemente el maxilar y la mandíbula y observaron que el efecto del tabaco sobre MBL era mayor en el maxilar superior que en la mandíbula (0.158 ± 0.171 mm y 0.146 ± 0.158 mm, respectivamente) (Nitzan et al., 2005). Arisan y cols. estudiaron la MBL en implantes 5 años después de la carga funcional, y reportaron mayores tasas de MBL en fumadores (1.51 mm) que en no fumadores (1.01 mm) (Arisan et al., 2010).

Galindo y cols. realizaron un estudio clínico prospectivo para explorar la posible relación entre la MBL y los hábitos de consumo de tabaco y alcohol, en implantes tras 3 años de carga funcional. Observaron que la pérdida de hueso marginal 3 años después de la carga fue mayor en individuos que consumían más de 10 gr de alcohol diario y eran consumidores de tabaco, en comparación con aquellos que tomaban menos alcohol y no fumaban. Los pacientes que bebían >10 gr de alcohol diario tenían una MBL promedio de 1.66 mm, en comparación con una pérdida de 1.25 mm en los pacientes que no bebían o bebían menos de 10 gr al día, con significación estadística. En este estudio, la MBL en pacientes fumadores fue de 1.36 mm y de 1.25 mm en no fumadores (significación

estadística $P = 0.016$) (Galindo-Moreno et al., 2005).

El consumo de alcohol también ha demostrado producir efectos adversos sobre la salud general y oral de las personas. Se comporta como un agente tóxico a nivel hepático interrumpiendo la producción de protrombina y vitamina K, pudiendo alterar así la coagulación sanguínea (Walker and Shand, 1972). Está asociado a deficiencias en el sistema del complemento y alteración en la función de los neutrófilos (Christen, 1983), y puede modular la actividad de los linfocitos T (Taieb et al., 2002), produciendo un retraso en la cicatrización de las heridas incluso cuando su consumo es moderado (Williamson and Davis, 1973). El consumo de alcohol también suele estar asociado a déficits nutricionales y vitamínicos que pueden alterar la respuesta de los tejidos orales ante la colocación de implantes dentales (Schuckit, 1979). Además, la mayoría de las bebidas alcohólicas contienen sustancias tales como nitrosaminas y etanol, capaces de, por un lado, producir reabsorción ósea y por otro, bloquear la estimulación de la neoformación ósea (Farley et al., 1985).

Se han publicado diversos estudios que muestran el efecto del consumo de alcohol sobre el tratamiento con implantes. Ekfeldt y sus colaboradores informaron la pérdida de varios implantes en tres pacientes que consideraron alcohólicos (Ekfeldt et al., 2001), así mismo, otros autores han relacionado la presencia de periodontitis con el consumo de alcohol (Tezal et al., 2001). Sin embargo, otros autores como Weyant no han encontrado una clara relación entre alcoholismo y pérdida de implantes (Weyant, 1994). Además, el hecho de que muchos pacientes son consumidores de alcohol y tabaco conjuntamente, hace más difícil poder distinguir y valorar los efectos nocivos de cada uno de estos hábitos sobre los tejidos periodontales y peri-implantarios por separado (Blot et al., 1988).

El trabajo realizado por Galindo y colaboradores sobre la influencia del alcohol y tabaco sobre la pérdida marginal ósea alrededor de implantes demostró una tasa de pérdida ósea significativamente mayor (1.49 mm) en

individuos consumidores de alcohol (>10gr/día) que en no consumidores (1.28 mm) (Galindo-Moreno et al., 2005)

3.3.5. Tipo de conexión protésica

El tipo de conexión implante-pilar es un factor etiológico de pérdida ósea crestal que aun no ha sido ampliamente estudiado ni suficientemente evaluado (Oh et al., 2002, Koh et al., 2011), y de el dependerán otras variables tales como la transmisión del estrés en la interfase implante-pilar, micromovimientos (Canullo et al., 2010), o infiltración bacteriana que, en conjunto, influirán en el desplazamiento apical de la anchura biológica (Broggini et al., 2006).

La plataforma de cada implante presenta un tipo de acoplamiento para recibir el pilar protésico, que es denominado tipo de conexión. A grandes rasgos, existen dos tipos de conexiones, la conexión externa hexagonal, que consiste en un hexágono externo de dimensiones variables ubicado sobre la superficie del implante y la conexión interna en la que la superficie de unión implante-pilar se ubica hacia el interior del cuerpo del implante (Pita et al., 2011).



□ Fig 5. Diseño de implante de conexión interna vs. externa (Pozzi et al., 2014)

Peñarrocha y cols. compararon la MBL en implantes de conexión externa y en implantes de conexión interna con platform-switching y encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor de la conexión interna. La MBL media para conexión externa fue de 0.27 ± 0.43 mm a los 6 meses y de 0.38 ± 0.51 mm a los 12 meses, y de 0.07 ± 0.13 mm a los 6 meses y 0.12 ± 0.17 mm a los 12 meses para los implantes de conexión interna (Penarrocha-Diago et al., 2013). Pozzi y cols compararon una muestra de 88 implantes de los cuales 44 eran de conexión interna platform-switching y otros 44 implantes eran de conexión externa “flat to flat”. Los resultados mostraron menor MBL estadísticamente significativa a favor de los implantes de conexión interna (Pozzi et al., 2014). Conviene puntualizar que los implantes de conexión interna de estos dos estudios incluyeron platform-switching y según muchos autores, el estrés, los micromovimientos y la infiltración bacteriana se alejan de la unión hueso-implante disminuyendo la reabsorción ósea marginal (Hermann et al., 2000a).

El estudio de Lee y cols. del año 2011 evaluó la influencia del tipo de conexión sobre el nivel de hueso crestal, comparando conexión externa versus conexión interna. Para ello tomaron radiografías de 40 implantes incluidos en el estudio (20 implantes de conexión externa/20 implantes de conexión interna). La MBL media desde la colocación de los implantes hasta el primer año de carga funcional fue de 0.90 ± 0.53 mm para los implantes de conexión externa y de 0.00 ± 0.28 mm para los implantes de conexión interna. Desde la colocación de la prótesis hasta el primer año de carga funcional la MBL media fue de 0.29 ± 0.35 mm para los implantes de conexión externa y de -0.07 ± 0.21 mm para los implantes de conexión interna. Cabe destacar que todos los implantes comparados en este estudio tenían el mismo macrodiseño, textura superficial y fueron colocados al mismo nivel de la cresta ósea, siendo la única diferencia la conexión del implante, eliminando el sesgo de comparar implantes altamente diferentes (Koo et al., 2012).

Un estudio reciente de Galindo-Moreno y colaboradores en el que se

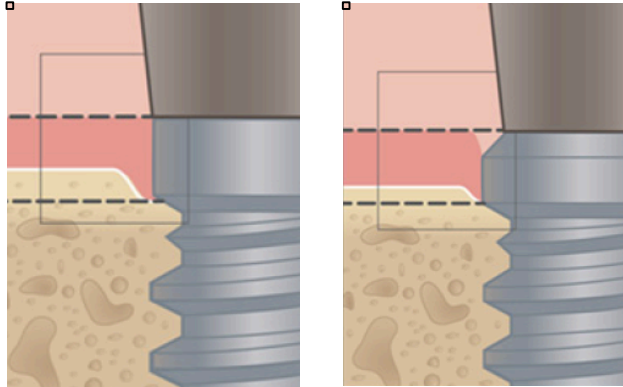
evaluó la MBL a los 6 y 18 meses tras la carga funcional, en una muestra 246 implantes, de los cuales 156 eran de conexión interna (Astra Tech/Dentsply) y 90 de conexión externa (Microdent Implant Systems), mostró diferencias estadísticamente significativas entre MBL de conexión interna (0.516 mm/año) y MBL en implantes de conexión externa (0.714 mm/año). Para este grupo, el diseño del implante y el tipo de conexión, son factores muy importantes en la pérdida de hueso peri-implantaria (Galindo-Moreno et al., 2015a).

3.3.6. Anchura biológica

3.3.6.1. Platform-switching

El establecimiento de la anchura biológica alrededor de los implantes implica un desplazamiento de la inserción epitelial apicalmente a la interfase hueso-implante. Este reposicionamiento vertical tanto de los tejidos blandos como de los tejidos duros peri-implantarios se produce cuando el implante es expuesto al medio oral y conectado al pilar protésico. Este proceso ocasiona reabsorción y pérdida marginal de hueso, que dependerá de factores tales como el tipo y diseño de la conexión protésica (Hermann et al., 2001a).

Fueron Lazzara y Porter quienes por primera vez observaron una mejor preservación del hueso crestral a largo plazo en implantes con un diámetro mayor al diámetro del pilar con el que fueron restaurados (Lazzara y Porter, 2006), y fueron estas observaciones radiográficas las que condujeron al desarrollo de la técnica platform switching (PLS) (Lazzara and Porter, 2006).



□ Fig 6. Diseño de plataforma platform-switching (Enkling et al., 2013)

El concepto de “platform-switching” hace referencia al uso de un aditamento protésico de diámetro inferior en relación al diámetro de la plataforma del implante, dando lugar a la creación de un gap extendido horizontalmente, que desplaza medialmente la unión implante-pilar, alejándola de la interfase hueso-implante (Lazzara and Porter, 2006). Se han propuesto varias hipótesis que podrían explicar el efecto beneficioso del cambio de plataforma en el mantenimiento del hueso crestal:

1. Microbiológica. El desplazamiento de la interfase implante-pilar en sentido medial, supone alejar el infiltrado inflamatorio del hueso, disminuyendo el efecto perjudicial del microgap implante-pilar en la pérdida marginal ósea (Lazzara and Porter, 2006)
2. Biológica, según el cual al incrementar el área horizontal expuesta de la superficie del implante, se establecerá una anchura biológica con mayor espacio para la inserción del tejido conectivo previniendo el desplazamiento epitelial en sentido apical (Farronato et al., 2012).
3. Biomecánica, al desplazar la área de mayor concentración de estrés lejos de la parte más cervical de la interfase hueso-implante, se producirá una menor reabsorción ósea post-carga. En este sentido, Chang y cols demostraron, mediante el análisis de elementos finitos en modelos 3D,

una disminución del estrés en la zona cortical de la interfase del hueso con implantes con platform-switching (Maeda et al., 2007, Rodriguez-Ciurana et al., 2009, Chang et al., 2010).

Desde entonces, diferentes estudios han ofrecido datos positivos, pero no concluyentes sobre el efecto de la conexión platform-switching sobre la reabsorción ósea marginal. Hürzeler y cols reportaron una MBL media alrededor de implantes PLS de -0.12 ± 0.40 mm y de $-0,29 \pm 0.34$ mm en implantes de un grupo control, una diferencia estadísticamente significativa que demostraba la capacidad de PLS para limitar la reabsorción de hueso marginal (Hurzeler et al., 2007). Cappiello y cols. evaluaron el efecto biológico de la técnica platform-switching en implantes colocados tanto en hueso mandibular como maxilar. Este estudio demostró que tras 12 meses de función se producía una MBL 1.67 ± 0.37 mm en un grupo control frente a 0.95 ± 0.32 mm en el grupo de implantes con platform-switching, confirmando la importancia del microgap formado entre el implante y el pilar en el mantenimiento del hueso crestral (Cappiello et al., 2008). Canullo y cols. realizaron un estudio para valorar la respuesta de la cresta ósea en implantes unitarios postextracción, rehabilitados con técnica PLS. Tras un periodo de seguimiento de 25 meses encontraron una MBL media de 0.3 ± 0.16 mm para el grupo de implantes PLS, menor que MBL en implantes del grupo control, de 1.19 ± 0.35 mm (Canullo et al., 2009). Atieh y cols. reportaron resultados similares y además observaron que el grado de reabsorción marginal que se producía era inversamente proporcional a la diferencia de diámetro establecida entre el implante y el pilar (Atieh et al., 2010). El estudio clínico de Chou y cols. ofreció unos resultados muy consistentes basados en una muestra muy amplia de 1.500 implantes con PLS para los que reportó una MBL de 0.2 mm por año, durante un periodo de 3 años, concluyendo que el uso de PLS disminuye la MBL (Chou et al., 2004). Sin embargo, Wang y cols realizaron un estudio en el que compararon MBL en 15 implantes restaurados con PLS y 15 implantes restaurados con pilares estándar, y encontraron diferencias estadísticas entre ambos grupos (-0.04 ± 0.08 mm y

-0.19±0.16 mm, respectivamente), pero clínicamente poco considerables (Wang et al., 2015). Crespi y cols. no encontraron diferencias en los cambios producidos a nivel óseo entre implantes con conexión platform-switching e implantes con conexión estándar (Crespi et al., 2009). Enkling observó que el efecto de la colonización bacteriana sobre la reabsorción marginal de hueso era mayor que el efecto causado por el diseño de la conexión (Enkling et al., 2013). Vigolo y cols. realizaron un estudio con uno de los mayores tiempos de seguimiento, en el que observaron que PLS tenía un efecto positivo en la preservación de hueso durante el primer año, sin embargo, los cambios óseos producidos a los 5 años, eran insignificantes en ambos tipos de plataformas (Vigolo and Givani, 2009).

3.3.6.2. Mucosa queratinizada

La mucosa queratinizada es un tejido conectivo denso, rico en fibras colágenas y cubierto por un epitelio queratinizado. No presenta fibras elásticas y presenta una lámina propia firmemente adherida al periostio subyacente. Por otra parte, la mucosa de revestimiento posee una lámina propia con menor cantidad de fibras de colágeno, pero más fibras elásticas y está cubierta por un epitelio no queratinizado, y esta composición estructural permite a los tejidos blandos adaptarse a la tensión muscular (Ten Cate, 1994). La presencia de una anchura adecuada de encía queratinizada alrededor de los dientes es necesaria para mantener la salud gingival y evitar la progresión de la enfermedad periodontal. Las primeras estimaciones sobre las dimensiones adecuadas de esta zona de mucosa queratinizada hablan de una anchura ≥ 2 mm (Lang and Loe, 1972). Además, Block y Kent afirmaron que ante la presencia de inflamación gingival, el tejido queratinizado ayuda a prevenir la reabsorción ósea (Block et al., 1996).

El efecto de la anchura de la mucosa queratinizada adecuada alrededor de los implantes dentales y su relación con la estabilidad del sellado biológico y la resistencia ante la carga mecánica ha sido objeto de estudio de diversos trabajos (Newman and Flemmig, 1988), y la importancia de la presencia o no de

este tipo de mucosa para el mantenimiento de la salud peri-implantaria es una cuestión controvertida. Ha sido comúnmente aceptada la idea de que una adecuada zona de mucosa queratinizada alrededor de los implantes ayuda a prevenir la recesión del tejido blando y facilita una correcta higiene (Buser et al., 1990). Sin embargo, no existe suficiente evidencia que demuestre que la falta de una adecuada encía queratinizada *per se* obstruya una correcta higiene oral, aunque algunos autores han reportado índices de placa significativamente mayores en zonas con una anchura de mucosa queratinizada <2 mm (Crespi et al., 2010, Chung et al., 2007). En cualquier caso, se ha sugerido que es posible mantener una correcta salud de los tejidos blandos peri-implantarios mediante una correcta higiene oral, independientemente de la presencia o ausencia de encía queratinizada (Wennstrom et al., 1994). Por otra parte, no se han encontrado diferencias significativas en cuanto a la recesión de los tejidos blandos peri-implantarios en relación a la presencia de una anchura adecuada o inadecuada de encía queratinizada (Schrott et al., 2009, Crespi et al., 2010).

Berglundh y Lindhe realizaron un estudio en el año 1996 en perros que demostró que al colocar implantes en zonas con un grosor de mucosa ≤ 2 mm se establecía una anchura biológica de una altura similar a la que se observaba en implantes colocados en zonas con un grosor de mucosa de 3-4 mm, pero se observaba reabsorción ósea de una manera constante (Berglundh and Lindhe, 1996). Esto implica que es necesaria una mínima anchura de mucosa peri-implantaria y que, en algunos casos donde no sea suficiente, se produciría reabsorción ósea para permitir el establecimiento de una anchura biológica determinada. Esto quedó validado por los estudios clínicos realizados en humanos por Linkevicius y cols que demostraron una mayor pérdida marginal ósea, tras un año de carga funcional, en implantes colocados en zonas con <2 mm de espesor de mucosa, que en implantes colocados en zonas con suficiente grosor de mucosa peri-implantaria (Linkevicius et al., 2009). Posteriormente estos mismos autores realizaron un nuevo estudio en el que compararon implantes con platform-switching e implantes con conexión estándar, colocados en zonas con un grosor fino de mucosa (≤ 2 mm), y encontraron una tasas de

MBL similares. Por tanto, es previsible que se produzca mayor reabsorción ósea marginal en implantes colocados en zonas cubiertas por mucosa de revestimiento que en implantes colocados en zonas cubiertas por mucosa queratinizada, ya que la mucosa de revestimiento es mucho más delgada que la mucosa queratinizada. No obstante, esta reabsorción ósea marginal, influenciada por el grosor inicial de la mucosa peri-implantaria, está limitada y sólo tendrá lugar durante el periodo de cicatrización y tras la intervención quirúrgica, mientras se produce el establecimiento de la anchura biológica (Linkevicius et al., 2010).

Sin embargo, no existen datos que demuestren que la presencia de una anchura de mucosa queratinizada inadecuada (<2 mm) alrededor de los implantes, incrementa el riesgo de pérdida ósea (Crespi et al., 2010). Por tanto, el grosor de la mucosa peri-implantaria parece ser un factor que influye de manera más decisiva sobre la preservación del hueso peri-implantario, que las dimensiones de la mucosa queratinizada (Wennstrom and Derks, 2012).

Material y métodos

4. PRESENTACIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS

4.1. Material y métodos

4.1.1. Población de estudio

Se seleccionaron un total de 208 pacientes (109 mujeres y 99 hombres) a los que se colocó un total de 508 implantes. Se clasificaron en dos grupos en función de la necesidad de realizar injerto óseo para elevar el suelo del seno maxilar. De esta forma, el Grupo 1 estuvo formado por 106 pacientes que, de acuerdo con el criterio de mínima altura de cresta ósea alveolar remanente >5 mm (Wang and Katranji, 2008), recibieron elevación de seno maxilar y colocación simultánea de 262 implantes. El Grupo 2 incluyó a 102 sujetos a los que se colocó un total de 246 implantes (de longitud ≥ 12 mm) siguiendo un protocolo quirúrgico convencional. Un total de 364 implantes fueron de conexión interna (Astra Tech® AB, Mölndal, Suecia) y 144 implantes fueron de conexión externa (Microdent®, Barcelona, España).

Los criterios de inclusión para formar parte de esta muestra fueron los siguientes: edad comprendida entre los 18 y los 85 años, estado de salud I o II según la clasificación de la Sociedad Americana de Anestesiología (ASA), ausencia de enfermedades sistémicas o tratamientos que pudieran afectar al metabolismo óseo, índice de placa de O'Leary menor o igual al 15%. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: tratamiento con medicamentos capaces de alterar el metabolismo óseo (ej, bisfosfonatos), pacientes que hubieran estado bajo tratamiento antibiótico durante 2 semanas en los 3 meses previos a la cirugía, pacientes embarazadas o en riesgo de estarlo, presencia de patología sinusal aguda o crónica (ej, sarcoidosis, osteomas, carcinomas, etc), sepsis activa, enfermedades mucocutáneas e historia de cáncer y/o radiación de cabeza y cuello en los 18 meses previos a la cirugía, o quimioterapia en los 12 meses anteriores a la cirugía.

El protocolo de estudio fue revisado y aprobado por el Comité Ético para estudios realizados en humanos de la Universidad de Granada, y todos los pacientes firmaron su consentimiento informado.

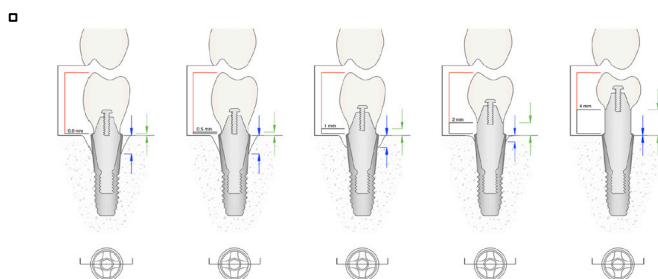
4.1.2. Procedimiento quirúrgico y restaurador

Todas las intervenciones se realizaron bajo anestesia local (Ultracain ®, Aventis Inc., Frankfurt, Alemania). El procedimiento quirúrgico de elevación de seno maxilar se realizó usando la técnica del rascador (Galindo-Moreno et al, 2007), y todas las cavidades intervenidas fueron injertadas con una mezcla alícuota de hueso autólogo particulado y hueso bovino anorgánico con un tamaño de partícula de 250 a 1000 µm (Bio-Oss ®-Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suiza). El volumen de material de injerto colocado osciló entre 3-5 cc por cada seno maxilar injertado y en todos los casos se colocó una membrana de colágeno absorbible (Bio-Gide ®-Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Suiza) para cubrir la ventana lateral de acceso al seno maxilar. En todos los pacientes, se consiguió el cierre primario de la herida. Después de la cirugía, todos los pacientes recibieron tratamiento antibiótico a base de Amoxicilina/Ác. Clavulánico 875/125 mg, o Clindamicina 300 mg en aquellos pacientes alérgicos a la Penicilina, y antiinflamatorio a base de Ibuprofeno 600mg, de 4 a 6 veces al día, sin exceder de 3.600 mg al día, ambos durante 7 días. A los pacientes del Grupo 1 se les retiró la sutura 2 semanas después de la cirugía de elevación de seno maxilar, y a los del Grupo 2 en el postoperatorio de 1 semana. Los pacientes fueron evaluados a intervalos de 6 a 8 semanas de seguimiento. Los pilares transepiteliales de cicatrización se colocaron en una segunda intervención quirúrgica después de 5 meses de curación y las prótesis implantosoportas fueron colocadas 4 semanas más tarde. Todas las restauraciones definitivas fueron prótesis fijas atornilladas. Para los implantes de conexión interna se utilizaron pilares estandarizados unitarios (Astra Tech® AB, Mölndal, Suecia) para conectar los implantes con la restauración atornillada. En los implantes de conexión externa se utilizaron pilares tipo UCLA (Microdent®, Barcelona, España).

4.1.3. Variables de estudio

Como variables de estudio, se tomaron datos de cada paciente relativos a su edad, sexo, tipología ósea, hábito de fumar en el momento de la cirugía, consumo de alcohol, presencia de placa e historia previa de enfermedad periodontal, diseño del implante, tipo de conexión protésica (interna o externa) y longitud del pilar protésico, tipo de restauración protésica, así como los distintos valores de MBL mesial y distal del implante en el momento de la colocación de la restauración protésica (base-line), así como 6 y 18 meses después de la carga.

El consumo de tabaco se puntuó como 0 (no fumadores), 1 (fumador moderado, ≤ 10 cigarros/día) y 2 (muy fumador, >10 cigarros/día). Se consideraron pacientes consumidores de alcohol aquellos que ingerían una cantidad >10 gr/día (Galindo-Moreno et al., 2005). La presencia de placa se clasificó usando el índice de placa de O'Leary modificado (O'Leary et al., 1972). La historia previa de enfermedad periodontal se definió como la presencia de al menos 4 sitios con pérdida de inserción ≥ 3 mm (excluyendo los terceros molares). Las diferentes alturas de los pilares protésicos también fueron recogidas según 0.5 mm, 1 mm, 2 mm y 4 mm (Astra Tech® AB, Mölndal, Suecia). El tipo de restauración se recogió como rehabilitación completa, prótesis parcial fija o sobredentadura.



□ Fig 7. Diferentes alturas de pilar utilizadas (Galindo-Moreno et al., 2014b).

4.1.4. Evaluación radiográfica

Se obtuvieron radiografías panorámicas digitales estandarizadas (ACR-2000 Kodak, Eastman Kodak Company, Rochester, NY, EEUU) en distintos momentos de seguimiento: primera cita, inmediatamente tras la cirugía de aumento de seno maxilar y colocación de los implantes, colocación de la restauración final (base-line), así como 6 y 18 meses después de la carga funcional. Estas radiografías fueron digitalizadas y un examinador independiente y calibrado (A.L.C.) usó el software Dent-A-View v1.0 (DigiDent, DIT, Neshet, Israel) para realizar mediciones de MBL lineales desde el punto más mesial y distal de la plataforma del implante a la cresta del hueso en las radiografías panorámicas tomadas en los diferentes puntos de medición en el tiempo.

Las posibles distorsiones de las imágenes derivadas las técnicas radiográficas utilizadas fueron calculadas mediante cálculo matemático basado en las dimensiones reales de cada implante y en cada caso.

4.1.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo y se utilizó un Modelo Lineal Mixto para determinar si la tasa de MBL era constante a través del tiempo, el punto de corte para poder clasificar a un implante con alta o baja BLT a los 18 meses post-carga, así como determinar los efectos de la altura del pilar y de los cambios de plataforma en la MBL controlando variables socio-demográficas y clínicas como edad, sexo, consumo de tabaco, estado periodontal, tipo de prótesis y tipo de substrato óseo. Se construyó una curva ROC no paramétrica para MBL a los 18 meses con el fin de determinar el umbral para clasificar un implante como alta o baja BLT, utilizando el Índice Kappa. Se utilizaron el Modelo Lineal Mixto y la prueba Chi-cuadrado para analizar las posibles asociaciones entre las variables estudiadas. Para el Análisis Lineal Mixto se utilizó el criterio de información Bayesiano de Schwarz. Para controlar la tasa de

error tipo I se aplicó la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples cuando fue necesario.

Resultados

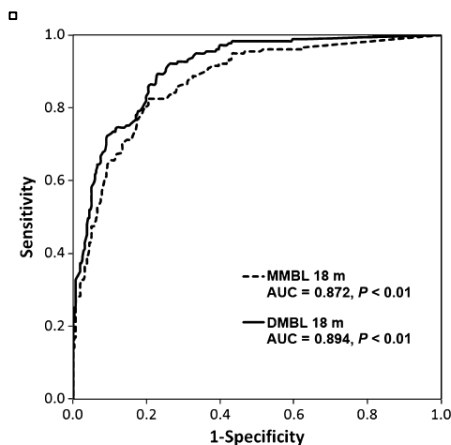
4.2. Resultados

4.2.1. Resultados del Estudio 1

En este estudio participaron un total de 208 pacientes, de edades comprendidas entre los 18 a 85 años y se evaluaron 508 implantes. El Grupo 1 (pacientes con elevación de seno maxilar) sumaba un total de 262 implantes colocados en 106 pacientes. En el grupo 2, los implantes colocados en hueso maxilar nativo sumaban un total de 246 implantes colocados en 102 pacientes. De todos los implantes colocados, 140 fueron de conexión externa y 361 fueron de conexión interna. Se excluyeron dos pacientes de la muestra por falta de datos durante los seguimientos (7 implantes).

Clasificación de los implantes en altos y bajos perdedores de hueso (BLT)

La curva ROC indicó que el valor de corte óptimo para categorizar los implantes como de alto o bajo BLT fue de 1.325 mm a los 18 meses, y este mismo valor se aplicó a los valores de MBL en mesial y distal, de tal manera que 260 implantes se clasificaron como de alto BLT y 241 como de bajo BLT.



□ Fig 8. Curva ROC para el análisis de MBL mesial (MMBL) y distal (DMBL) a los 18 meses. AUC (áreas bajo la curva) (Galindo-Moreno et al., 2015c).

Factores implicados en la tasa de MBL

El valor absoluto de MBL incrementó en función del tiempo, tanto en mesial como en distal, mientras que la tasa de MBL mostró una tendencia cuadrática, aumentando hasta los 6 meses tras la carga funcional, seguida de un retorno a tasas de MBL similares a las del periodo de cicatrización.

El Modelo Linear Mixto demostró influencia significativa para BLT ($P < 0.001$), tipo de conexión ($P < 0.001$), tiempo ($P < 0.001$), tabaco ($P < 0.001$), e interacción de BLT con el tiempo ($P < 0.001$). El estado periodontal ($P = 0.049$) y los sitios mesial y distal ($P = 0.032$), fueron marginalmente significativos.

El análisis de la interacción de BLT con el tiempo mostró que el tipo de conexión ($P < 0.001$) y el tiempo ($P < 0.001$), fueron significativos para bajo BLT, con una tasa de MBL más baja en implantes de conexión interna (0.014 mm/mes) vs. implantes de conexión externa (0.027 mm/mes). La Corrección de Bonferroni mostró una tasa de MBL inferior en T1 (0.005 mm/mes) que en T2 (0.023 mm/mes) y T3 (0.020 mm/mes), sin diferencias estadísticas entre ellas. El tipo de conexión ($P = 0.002$), tabaco ($P = 0.001$), tipo de hueso ($P = 0.001$), tiempo ($P < 0.001$) fueron significativas para alto BLT, e igualmente mayor tasa de MBL para conexión externa (0.093 mm/mes) que para conexión interna (0.077 mm/mes).

La tasa de MBL aumentó al incrementar el consumo de tabaco (0.0009 mm/cigarro), para hueso injertado (0.091 mm/mes) vs. hueso pristino (0.075 mm/mes) y para T2 (0.111 mm/mes) vs. T1 (0.069 mm/mes) o T3 (0.071 mm/mes). La tasa de MBL en T1 se vio afectada por el tipo de conexión ($P < 0.001$), tabaco ($P < 0.001$), tipo de hueso ($P < 0.001$) y edad ($P = 0.002$). La tasa de MBL en T2 estuvo influenciada por el tipo de conexión ($P < 0.001$) y marginalmente influenciada por el índice de placa ($P = 0.030$). La tasa de MBL en T3 estuvo afectada por el tipo de conexión ($P < 0.001$) y marginalmente afectada por la periodontitis el tipo de conexión ($P = 0.022$) y el tabaco ($P = 0.041$).

Relación entre MBL a los 18 meses y los momentos iniciales

El análisis de Muestras Complejas indicó que los valores de MBL en T1 y T2 estuvieron significativamente asociados a los valores de MBL en T3 [(Adj F=38.62, OR=2.52 y Adj F=189.07, OR=9.21, respectivamente), $p < 0.001$]. El 74.20% de los implantes que mostraron un bajo BLT en T3, también lo hicieron en T2, mientras que el 76.5% de los implantes que mostraron un alto BLT en T3, también lo hicieron en T2. Por otra parte, el 86.7% de los implantes que mostraron un bajo BLT en T3 también lo hicieron en T1, mientras que el 35.2% de los implantes de alto BLT en T3, también lo fueron en T1.

Factores implicados en los cambios en la tasa de MBL

El Modelo Lineal Mixto demostró que las diferencias entre la tasa de MBL en T1 y T2 se explicaban por el tabaco ($p=0.035$), el tipo de hueso ($p=0.012$) y la edad ($p=0.044$), mientras que las diferencias entre la tasa de MBL en T2 y T3 se debieron al tipo de conexión ($p=0.004$) y a la presencia de placa ($p=0.003$).

El análisis de Muestras Complejas indicó que los implantes que mostraron una tasa de MBL >0.0736 mm/mes (0.44 mm de MBL a los 6 meses) en T2 fueron mucho más propensos a una MBL ≥ 2 mm a los 18 meses (OR=9.39, 95% CI [6.67 13.24]). Por lo tanto, el 74.5% de los implantes con MBL < 2 mm a los 18 meses tuvieron una tasa de MBL ≤ 0.0736 mm/mes en T2, mientras el 76.5% de aquellos implantes con MBL ≥ 2 mm a los 18 meses tuvieron una tasa de MBL superior a este valor de corte en T2.

Pablo Galindo-Moreno
 Ana León-Cano
 Inmaculada Ortega-Oller
 Alberto Monje
 Francisco O'Valle
 Andrés Catena

Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm

Authors' affiliations:

Pablo Galindo-Moreno, Ana León-Cano, Inmaculada Ortega-Oller, Oral Surgery and Implant Dentistry Department, School of Dentistry, University of Granada, Granada, Spain
 Alberto Monje, Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, USA
 Francisco O'Valle, Department of Pathology, School of Medicine & IBIMER, University of Granada, Granada, Spain
 Andrés Catena, Department of Experimental Psychology, School of Psychology, University of Granada, Granada, Spain

Corresponding author:

Dr Pablo Galindo-Moreno, DDS, PhD
 C/ Recogidas
 39 5^o Izq, 18005 Granada
 Spain
 Tel.: +34 958 520658
 Fax: +34 958 520658
 e-mail address: pgalindo@ugr.es

Key words: alveolar bone loss, dental implant, dental implant-abutment connection, marginal bone loss, maxillary sinus augmentation, peri-implantitis

Abstract

Aim: The aim of this study was to analyze marginal bone loss (MBL) rates around implants to establish the difference between physiological bone loss and bone loss due to peri-implantitis.

Materials and methods: Five hundred and eight implants were placed in the posterior maxilla in 208 patients. Data were gathered on age, gender, bone substratum (grafted or pristine), prosthetic connection, smoking and alcohol habits, and previous periodontitis. MBL was radiographically analyzed in three time frames (5 months post-surgery and at 6 and 18 months post-loading). Nonparametric receiver operating curve (ROC) analysis and mixed linear model analysis were used to determine whether implants could be classified as high or low bone loser type (BLT) and to establish the influence of this factor on MBL rates.

Results: Marginal bone loss rates were significantly affected by BLT, connection type, bone substratum, and smoking. Bone loss rates at 18 months were associated with initial bone loss rates: 96% of implants with an MBL of >2 mm at 18 months had lost 0.44 mm or more at 6 months post-loading.

Conclusion: Implants with increased MBL rates at early stages (healing and immediate post-loading periods) are likely to reach MBL values that compromise their final outcome. Initial (healing, immediate post-loading) MBL rates around an implant of more than 0.44 mm/year are an indication of peri-implant bone loss progression.

The maintenance of peri-implant bone tissue is essential for the long-term success of dental implants. The most widely used parameters for measuring outcomes in implant dentistry are related to the implant, the peri-implant soft tissue, and the prosthesis, besides the subjective assessment of the patient (Papaspnyridakos et al. 2012). These parameters are related to the tissue stability, which influences the progression of marginal bone loss (MBL) around healthy implants.

The criteria to define success in implant dentistry are under constant debate, but the achievement and maintenance of osseointegration are recognized as crucial factors, and MBL is therefore a key consideration. The loss of 2 mm of bone around the implant neck during the first year after functional loading has long been assumed normal by the dental community and has even been considered a successful outcome in some classifications and consensus statements (Albrektsson

et al. 1986; Misch et al. 2008). However, tissue stability is expected at 1 year after placement, and a loss of more than 0.2 mm per year is regarded as undesirable (Albrektsson et al. 1986). Other authors have claimed that an MBL loss in the first year of 1.5 mm (Papaspnyridakos et al. 2012), 1.8 mm (Roos-Jansaker et al. 2006), or 1.5–2 mm (Tarnow et al. 2000) represents a good outcome. An MBL of less than three threads has also proposed as success criterion (Fransson et al. 2005; Qian et al. 2012), despite the variability in inter-thread distances among different implant systems. Further research is required to resolve these discrepancies in the criteria for success, which have emerged from consensus statements and observational reports.

Marginal bone loss is known to be influenced by multiple phenomena (Albrektsson et al. 2012a,b), but some key questions remain unanswered. As noted above, MBL at 1 year post-loading is generally accepted

Date:
 Accepted 30 November 2013

To cite this article:

Galindo-Moreno P, León-Cano A, Ortega-Oller I, Monje A, O'Valle F, Catena A. Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm. *Clin. Oral Impl. Res.* 26, 2015, e28–e34
 doi: 10.1111/clr.12324

(Albrektsson et al. 1986; Misch et al. 2008), but is not clear whether the biological “clock” that determines this event is prosthesis related, host related, implant related, or load dependent. Numerous studies have addressed this issue in recent years, clarifying some aspects and leading to improvements in implant design and protocols that have minimized this initial MBL. Nevertheless, the criteria for success utilized by many clinicians and researchers have remained unchanged since 1986.

The aim of this study was to examine the patient and clinical variables that might play key roles in the development of MBL. It was hypothesized that implants can be characterized as high or low bone losers, that is, that MBL progression rates are related to different individual and clinical features. The specific objectives of the study were to determine a cutoff point for discriminating between low and high bone loser types (BLTs), to examine whether a loss of 2 mm at 1 year post-surgery can be considered the threshold between normal and pathological bone loss, and to evaluate the impact of the implant type (high vs. low BLT) after controlling for other influential clinical and non-clinical factors.

Material and methods

Study population

All subjects were consecutively selected from a private practice pool. The inclusion criteria were age of 18–85 years, need for restoration of at least one teeth in the posterior maxilla, physical status of I or II according to the American Society of Anesthesiologists (ASA) classification system, absence of systemic diseases or conditions known to alter bone metabolism, stable periodontal condition, enrolment in a maintenance program, and the availability of records contained standardized digital orthopantomographs obtained after the implantation surgery (baseline), at the final restoration delivery, and at 6 and 18 months after functional loading. Exclusion criteria were a history of medical treatments known to modify bone metabolism and the presence of acute or chronic sinus pathology or any type of cancer or other major systemic disease. The study protocol was reviewed and approved by the ethical committee of the University of Granada for studies involving human subjects, and all patients signed their informed consent.

Two cohorts of patients undergoing implant surgery between January 2007 and January 2010 were selected in this retrospective study

as a function of the bone availability in the posterior maxilla (Wang & Katranji 2008). The first cohort (Group 1) comprised the 106 patients with remnant alveolar crest bone height (RBH) >5 mm, which generally allows maxillary sinus augmentation to be performed with simultaneous implant placement; 262 implants were placed in these patients. The second cohort (Group 2) included the 102 subjects with adequate RBH for the conventional placement of implants with a length of ≥ 12 mm; 246 implants were placed in these patients.

Subjects received implants with an internal (Astra Tech AB, Mölndal, Sweden) or external (Microdent Implant System, Barcelona, Spain) implant-crown connection, with the corresponding differences in external micro/macro geometry.

Surgical and restorative procedures

All surgical procedures were conducted under local anesthesia (Ultracain[®], Aventis Inc., Frankfurt, Germany). In group 1, sinus augmentation procedures were performed following the bone scraper technique as described elsewhere (Galindo-Moreno et al. 2007). All sinus cavities were grafted using autologous cortical bone in combination with anorganic bovine bone particles ranging from 250 to 1000 μm (Bio-Oss[®] – GeistlichPharma AG, Wolhusen, Switzerland) at a ratio of approximately 1 : 1. A conventional implantation protocol was followed for the implants inserted in the patients not requiring maxillary sinus augmentation (Group 2). All subjects were asked to comply with a pharmacological regimen of amoxicillin/clavulanic acid tablets (875/125 mg, TID for 7 days) or, if allergic to penicillin, clindamycin tablets (300 mg, TID for 7 days), and anti-inflammatory medication (Ibuprofen 600 mg, every 4–6 h as needed to a maximum of 3600 mg/day). Sutures were removed at 2 weeks after sinus surgery in Group 1 and at 1 week post-surgery in Group 2. The patients were then evaluated at 6- to 8-week intervals to follow up the postoperative healing. Trans-epithelial abutments were placed in a second surgical procedure after 5 months of healing, and implant-supported prostheses were delivered 4 weeks later. All definitive restorations were screw-retained fixed dentures. For the internal-connection implants, standardized uni-abutments (Astra Tech AB) were used to connect implants with the screwed restoration. UCLA type abutments were used for the same purpose in the external-connection implants (Microdent Implant System, Barcelona, Spain).

Radiographic evaluation of MBL

Standardized digital panoramic radiographs (Kodak ACR-2000; Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) obtained at treatment planning, after implant surgery (baseline), at final restoration delivery (5 months post-implantation), and at 6 and 18 months after functional loading, were exported to a computer software program for further analysis (Dent-A-View v1.0; DigiDent, DIT, Nesher, Israel). The MBL was determined from linear measurements made by an independent calibrated examiner on each panoramic radiograph from the most mesial and distal point of the implant platform to the crestal bone. The magnification of the orthopantomographs was corrected using the clinical data (length and width) for each implant. Each linear measurement corresponding to the MBL was calibrated and re-calculated according to the radiographic image size by using a simple mathematical calculation.

The utilization of panoramic radiographic techniques could be considered a limitation, although they have been validated for this type of study (Harris et al. 2002; Angelopoulos et al. 2008). New technologies, such as cone beam computed tomography, would offer greater accuracy in radiographic MBL measurements and the possibility of performing a tridimensional analysis. However, it was ruled out for this study in order to avoid multiple exposures of the patients to radiation, as required by the ethical committee of our institution. Furthermore, although periapical radiographs have been described as the ideal technique for measuring peri-implant MBL (Albrektsson et al. 2012a,b), the limited standardization of intraoral radiographic techniques for the maxilla means that a bisector technique must be used, reducing the reproducibility of sequential radiographic images. In contrast, panoramic radiographs are performed using a repetitive standardized parallel technique, facilitating the reproducibility of radiological analyses.

Additional data recorded

Data were gathered for all patients on their age, gender, smoking, and alcohol consumption at study enrolment, history of periodontal disease, prosthetic connection type (internal or external), and the presence or absence of plaque at four sites/tooth, using the modified O’Leary plaque index (O’Leary et al. 1972). Patients were classified as non-smokers (0 cigarettes/day), mild smokers (1–10 cigarettes/day), or heavy smokers (>10 cigarettes/day) and were considered as alcohol consumers if their intake was >10 g/day (Galindo-Moreno et al. 2005).

A history of periodontal disease was defined by the presence of at least four sites with clinical attachment loss ≥ 3 mm (excluding third molars), which was assessed using a Michigan O probe (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA).

Statistical analyses

Nonparametric receiver operating curves (ROC) were constructed for the MBL at 18 months to determine the cutoff for classifying an implant as low BLT or high BLT, using the kappa index. Monthly MBL rates were obtained to derive cutoffs at 5 months post-surgery (healing) and at 6 months post-loading. Three MBL rates (T1, T2, and T3) were computed in millimeters/month (mm/m). T1 rates were obtained by dividing the MBL at the healing interval (5 months post-surgery) by the number of months elapsed between the two surgical stages, T2 rates by dividing the difference between the MBL at 6 months post-loading and the MBL at healing by 6, the elapsed time in months, and T3 rates by dividing the difference between the MBL at 18 months and the MBL at 6 months post-loading by 12, the time elapsed between the two measurements in months. Descriptive statistics were computed. A linear mixed model was used to analyze mesial and distal T1, T2, and T3 rates, with the patients as clusters and the implant as unit of analysis (West et al., 2006); the BLT, aspect (mesial/distal), and measurement time (T1, T2, and T3) were considered as factors and the following variables as covariates: age, gender, smoking habits, alcohol intake, plaque, periodontitis, bone substratum (grafted or pristine), connection type (internal or external), location, implant length, and implant diameter. A scaled identity repeated covariance analysis was applied to minimize Schwarz's Bayesian information criteria (Cnaan et al., 1997). Mesial/distal measures were collapsed when no interactions were observed with the remaining factors. The crosstabs procedure for complex samples (Rao & Scott 1981, 1984) was used to test the association between T1, T2, and T3 cutoffs. The Bonferroni correction was applied to take account of the large number of potential predictors, establishing a 0.004 significance level per comparison.

Results

Discrimination between implants with high and low MBL

A total of 208 patients were enrolled in this study, including 508 implants. Tables 1 and 2 display the socio-demographic and clinical features of the study sample. The mean

Table 1. Frequencies for each level of the categorical factors

Factor	Level	n	%
Bone substratum	Pristine	246	49.10
	Grafted	255	50.90
Location	Right	243	48.50
	Left	258	51.50
Connection	External	140	27.94
	Internal	361	72.06
Gender	Female	109	52.66
	Male	98	47.34
Alcohol	No	201	97.10
	Yes	6	2.90
Plaque Index	0	1	0.48
	1	115	55.56
	2	76	36.71
	3	15	7.25
Periodontitis	No	65	31.40
	Yes	142	68.60

Bone substratum, location, and type of connection frequencies are the number (percentage) of implants. gender, alcohol, plaque index, and periodontitis frequencies are the number (percentage) of patients.

Table 2. Descriptive statistics for metric variables

	Mean (Median)	SEM	Range	
			Min	Max
Age	52.669 (52.0)	0.47	23	84
Smoking (c/d)	7.390 (6.50)	0.42	0	40
Implant Diameter	4.331 (4.5)	0.02	3.3	5.8
Implant Length	13.810 (14.0)	0.06	10	16
MMBL Healing	0.170 (0.12)	0.014	0	1.81
DMBL Healing	0.211 (0.15)	0.026	0	1.88
MMBL 6 m	0.560 (0.37)	0.029	0	3.15
DMBL 6 m	0.645 (0.53)	0.030	0	3.62
MMBL 18 m	1.101 (1.07)	0.041	0	4.34
DMBL 18 m	1.212 (1.22)	0.044	0	5.89

SEM, standard error of the mean; MMBL, mesial marginal bone loss; DMBL, distal marginal bone loss; healing (5 months after surgery) 6 and 18 m after loading are the measurement time points in months. MBL is given for the three measurement time points in mm.

number of implants per patient was 1.72 (range: 1–6, median 2.0). Seven implants (two participants) were excluded from the analysis because of missing data on age (6 implants) or the 18-month follow-up (1 implant).

Receiver operating curve analysis (Fig. 1) indicated that the optimal cutoff value for categorizing implants as high BLT or low BLT was 1.325 mm at 18 months, according to the kappa index; the same cutoff value was used for both mesial and distal MBL. Accordingly, 260 implants were classified as high BLT and 241 as low BLT.

Factors involved in the MBL rate

Figure 2 shows the time course of absolute MBL values (left panel) and MBL rates as a function of the time since the interventions. The absolute MBL value increased as a function of time, independently of the mesial/distal aspect, whereas the MBL rate (right panel) showed a quadratic trend, with an increased MBL rate up to 6 months after

functional loading followed by a return to similar rates to those during the healing period. Table 3 reports the descriptive

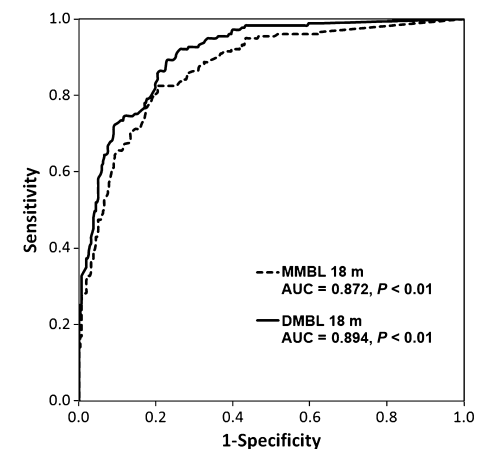


Fig. 1. Nonparametric receiver operating curve (ROC) analysis for mesial (MMBL) and distal (DMBL) marginal bone loss at 18 months. The areas under the ROC (AUC) are significant.

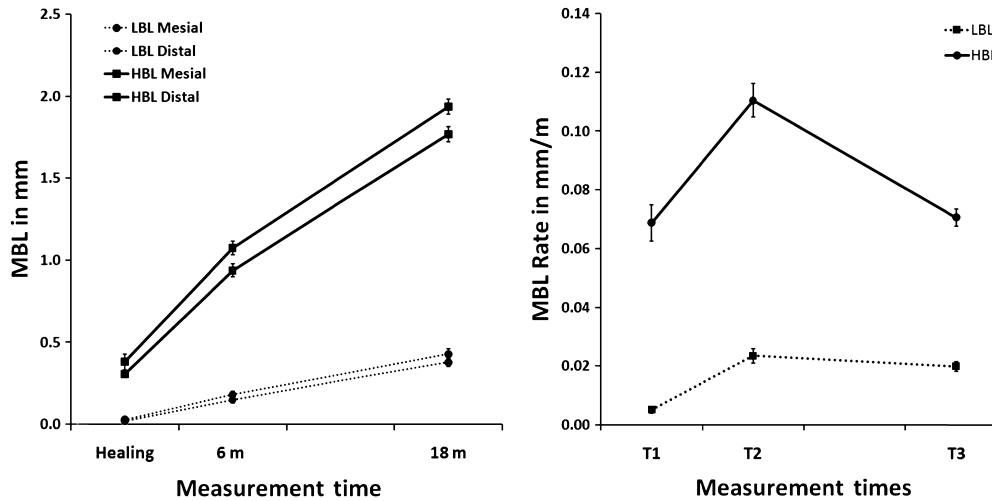


Fig. 2. Marginal bone loss values (left panel) and marginal bone loss rates (right panel) as a function of time. Healing time (T1, 5 months from surgery); T2 and T3 were measured at 6 and 18 months after functional loading.

Table 3. Mean rates, standard errors, and median rates for the factors explaining the variance in the dependent variables at the three measurement times

		T1	T2	T3
BLT	LOW BLT	0.005 (0.001) [0.000]	0.023 (0.002) [0.000]	0.020 (0.002) [0.011]
	HIGH BLT	0.069 (0.006) [0.046]	0.110 (0.006) [0.106]	0.071 (0.003) [0.065]
Connection	Internal	0.027 (0.003) [0.000]	0.056 (0.004) [0.031]	0.040 (0.002) [0.026]
	External	0.066 (0.001) [0.029]	0.100 (0.008) [0.100]	0.063 (0.003) [0.057]
PD	No PD	0.030 (0.004) [0.000]	0.058 (0.006) [0.028]	0.037 (0.003) [0.024]
	PD	0.042 (0.005) [0.000]	0.073 (0.004) [0.068]	0.050 (0.002) [0.040]
Bone	Graft	0.052 (0.006) [0.000]	0.072 (0.006) [0.062]	0.044 (0.003) [0.028]
	Pristine	0.023 (0.003) [0.000]	0.065 (0.005) [0.046]	0.049 (0.002) [0.044]
Gender	Male	0.039 (0.004) [0.000]	0.072 (0.005) [0.053]	0.043 (0.003) [0.033]
	Female	0.038 (0.006) [0.000]	0.065 (0.005) [0.062]	0.049 (0.003) [0.039]
Smoking		0.213 (0.045)	0.167 (0.045)	0.114 (0.045)
Age		0.083 (0.045)	0.019 (0.045)	0.067 (0.045)

Rates are expressed in mm/month.

BLT, bone loser type; PD, history of periodontitis; No PD, No history of periodontitis; T1, rate at 5 months after surgery; T2, rate at 6 months after functional loading; T3, rate at 18 months after loading. Standard errors of the mean are given in parentheses. Medians are given between square brackets. Pearson linear correlations are shown for smoking and age.

statistics for the three rates as a function of the main study factors.

The mixed linear model analysis yielded significant effects for BLT, $P < 0.001$, connection type, $P < 0.001$, time, $P < 0.001$, smoking, $P < 0.001$, and the interaction of BLT with time, $P < 0.001$. Periodontal status, $P = 0.049$, and mesial/distal aspect, $P = 0.032$, were marginally significant.

Analysis of the BLT \times time interaction showed that the connection type, $P < 0.001$, and time, $P < 0.001$, were significant for the low BLT, with a lower MBL rate for internal (0.014 mm/m) vs. external (0.027 mm/m) connections. The Bonferroni-corrected comparison between times indicated that the rate was lower for T1 (0.005 mm/m) than for T2 (0.023 mm/m) or T3 (0.020 mm/m), which showed no difference between them. Connection, $P = 0.002$, smoking, $P = 0.001$, bone, $P = 0.001$, and time, $P < 0.001$, were significant for high BLT, again observing higher

MBL rates for external (0.093 mm/m) vs. internal (0.077 mm/m) connections.

The MBL rate was higher with increased smoking consumption (0.0009 mm/cigarette), for grafted (0.091 mm/m) vs. pristine (0.075 mm/m) bone, and for T2 (0.111 mm/m) vs. T1 (0.069 mm/m) or T3 (0.071 mm/m). T1 rates were affected by the connection, $P < 0.001$, smoking, $P < 0.001$, bone, $P < 0.001$, and age, $P = 0.002$. T2 rates were influenced by the connection, $P < 0.001$, and marginally influenced by plaque, $P = 0.030$. T3 rates were influenced by the connection, $P < 0.001$, and marginally influenced by periodontitis, $P = 0.022$, and smoking, $P = 0.041$.

Relationship between MBL at 18 months and at earlier time points

Crosstab statistics for complex samples indicated that MBL values at T1 and T2 were significantly associated with those at T3, adjusted $F = 38.62$ (OR = 2.52) and adjusted $F = 189.07$ (OR = 9.21), respectively,

$P < 0.001$; 74.20% of low BLT implants at T3 were low BLT at T2, while 76.5% of high BLT implants at T3 were also high BLT at T2. Moreover, 86.7% of low BLT implants at T3 were low BLT at T1, whereas 35.2% of high BLT at T3 were also high BLT at T1.

Factors influencing MBL rate changes

Mixed linear model analysis showed that differences between T2 and T1 rates were explained by smoking ($P = 0.035$), bone ($P = 0.012$), and age ($P = 0.044$), whereas differences between T3 and T2 rates were accounted for by connection ($P = 0.004$) and plaque ($P = 0.003$).

Complex samples crosstab indicated that implants with an MBL rate >0.0736 mm/m (0.44 mm MBL at 6 months) at T2 were much more likely to have an MBL of ≥ 2 mm at 18 months (OR = 9.39, 95% CI [6.67 13.24]). Thus, 74.5% of implants with MBL of <2 mm at 18 months had an MBL rate ≤ 0.0736 mm/m

at T2, whereas 76.5% of those with MBL of ≥ 2 mm MBL at 18 months had a rate above this T2 cutoff value. The OR for an implant below the cutoff in T2 to show an MBL < 2 mm at 18 months was 25.66 (95% CI [13.13 50.17]), and 96.1% of implants with MBL of ≥ 2 mm at 18 months had a T2 rate above the cutoff value.

Discussion

This study suggests that the appraisal of peri-implant MBL is clinically relevant and not merely an academic issue. MBL is influenced by numerous variables related to surgical trauma (Qian et al. 2012), prosthetic considerations (Cardaropoli et al. 2006), implant design (Canullo et al. 2010), bone substratum (Galindo-Moreno et al. 2013), patient habits (Galindo-Moreno et al. 2005), implant-abutment connection (Penarrocha-Diago et al. 2012; Monje et al. 2013), and the general health of the patients. Klinge described an MBL > 2 mm at delivery of the prosthetic device in comparison with initial radiographs, in combination with bleeding on probing, as a “red flag” for the clinician to evaluate the need for an intervention to achieve peri-implant health (Klinge 2012).

The present results offer some important clues on this issue. It appears that the consideration of MBL rates rather than raw MBL data may improve the ability of clinicians to predict peri-implant disease. Although MBL is known to be triggered by multiple factors, including the type of connection, type of bone, gender, age, and periodontitis, this study has highlighted that the outcome at 18 months strongly depends on the BLT, which appears to be different for each implant. We also found that MBL is directly dependent on the features of each implant and patient. In other words, the definition of success or failure in implant dentistry requires an appraisal of the characteristics of the implant/patient, with each playing an important role in the prognosis. We also highlight that a patient with multiple implants of the same type can show an increased MBL in a few implants, but not in the remainder; thus, 17.5% of the patients in our sample showed some MBL in 78.5% of implants, but not in the remaining ones. Other variables that should be taken into account in evaluating implant success or failure include the type of occlusion or type of prosthesis, as previously reported (Isidor, 1996).

In the present study, MBL levels were mainly related to the type of connection,

type of bone, and smoking habit. In relation to the bone substratum, MBL is produced around the neck of implants placed in native residual bone, but it has been noted that when the stiffness of a grafted area is less than that of the cancellous bone, high-level strain is primarily distributed at the crestal level, which may promote MBL. Hence, grafted areas should ideally have a similar or greater stiffness in comparison with the adjacent native bone for a correct distribution of loading forces by ensuring similar values of strain energy density among cortical and cancellous crestal bone and grafted bone (Cehreli et al. 2007; Inglam et al. 2010).

An important finding was that bone loss rates at 18 months were strongly associated with the initial bone loss rate. Results (ORs) indicated that higher T3 rates are much more likely in implants with elevated rates between T1 and T2. Almost all of the implants (96.1%) with MBL of > 2 mm at 18 months had a high bone loss rate at T2 (defined as > 0.0736 mm/m, 0.44 mm at 6 months). These findings suggest that the MBL rate immediately after restoration delivery may represent a clear risk indicator for implants to reach an MBL failure level over the medium or long term.

As noted in the Introduction, the most widely accepted success criteria establish 2 mm as the maximum acceptable MBL after 1 year of loading for considering an implant to be a success (Misch et al. 2008). Many authors have used this radiographic criterion to define peri-implantitis (Fransson et al. 2005; Jung et al. 2008; Koldslund et al. 2010). However, there is a lack of clarity on this definition among the dental community, and some proposals, such as the measurement of exposed implant threads, have increased confusion on this issue (Fransson et al. 2005). Hence, there is a need to evaluate not only the etiology but also the acceptable levels of peri-implant MBL in order to establish health or disease.

There remains a need to understand the factors that influence MBL, which remain highly controversial, and to distinguish between physiological and pathological losses. The majority of MBL appears during the interval between abutment connection and crown placement (Tarnow et al. 2000; Cardaropoli et al. 2006), supporting the concept of initial loss defined by Albrektsson et al. (1986). This theory is further supported by the present results, which show that MBL rates are insignificant from implant placement (T0) to T1 in comparison with those between T1 and T2 and become almost

stable in the T2-T3 period (Fig. 2). These findings indicate that MBL is more related to the prosthetic phase than to the post-surgical bone healing and remodeling process, confirming that the biological width establishment is a crucial factor in preserving marginal bone level (Berglundh & Lindhe 1996).

According to other authors, the origin of MBL around endosseous implants may be either biomechanical (van Steenberghe et al. 1999) or microbial (Heitz-Mayfield 2008). There have been reports, mainly in the periodontology literature, that dental implants behave as natural dentition and that a process similar to periodontitis occurs around implants, generating peri-implantitis. This idea was supported by a recent finding of a higher MBL in patients with a history of periodontitis than in periodontally healthy subjects (Safi et al. 2010). In the present study, most of the implants with higher bone loss were found in a low proportion of the patients, similar to the pattern observed for periodontitis. However, the question remains whether the peri-implantitis is an infectious process or whether the contamination takes place after the tissue breakdown. One study associated the presence of cement in cement-retained prostheses with localized inflammation and MBL (Wilson 2009) and found that uneventful healing could be achieved by removing the excess cement, indicating that the MBL in these cases was a foreign body reaction. Higher MBL rates around implants in patients with previous periodontal disease are not exclusively explained by a predisposition to infection. In fact, a history of periodontitis was not significantly related to the MBL in the present study, observing only marginal effects. Conversely, a higher MBL promotes bacterial colonization and a more rapid progression of peri-implantitis; hence, once than the initial lesion has taken place, the condition readily worsens.

It has conventionally been assumed that the peri-implant MBL at 1 year ranges between 1.6 and 2.0 mm (Tarnow et al. 2000; Cardaropoli et al. 2006), but a significant implant-dependent reduction in MBL has been reported (Norton 2004, 2006; Novaes et al. 2006). Laurell and Lundgren demonstrated a lower MBL at 5 years with some implant types than with others (Laurell & Lundgren 2011). Differences in the prosthetic connection for the same implant system (Penarrocha-Diago et al. 2012) or “platform-switching” have been shown to produce a marked reduction in peri-implant MBL (Canullo et al. 2012).

The present study showed that whatever the reason for an MBL loss of >0.44 mm at 6 months, there is a subsequent increase in the rate of MBL (Fig. 2). Hence, there is no need to wait for 1 year to determine the prognosis of implants, because initial MBL rates already reveal the likelihood of reaching MBL failure values. According to these findings, clinicians should employ all possible means to minimize early MBL around implants and establish a strict maintenance recall program, given the crucial role of this loss in the final outcome of oral rehabilitation.

References

Albrektsson, T., Buser, D. & Sennerby, L. (2012a) On crestal/marginal bone loss around dental implants. *The International journal of prosthodontics* **25**: 320–322.

Albrektsson, T., Buser, D. & Sennerby, L. (2012b) On crestal/marginal bone loss around dental implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **27**: 736–738.

Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P. & Eriksson, A.R. (1986) The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **1**: 11–25.

Angelopoulos, C., Thomas, S.L., Hechler, S., Paris-sis, N. & Hlavacek, M. (2008) Comparison between digital panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the identification of the mandibular canal as part of presurgical dental implant assessment. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery* **66**: 2130–2135.

Berglundh, T. & Lindhe, J. (1996) Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal of Clinical Periodontology* **23**: 971–973.

Canullo, L., Fedele, G.R., Iannello, G. & Jepsen, S. (2010) Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clinical Oral Implants Research* **21**: 115–121.

Canullo, L., Iannello, G., Penarocha, M. & Garcia, B. (2012) Impact of implant diameter on bone level changes around platform switched implants: preliminary results of 18 months follow-up a prospective randomized match-paired controlled trial. *Clinical Oral Implants Research* **23**: 1142–1146.

Cardaropoli, G., Lekholm, U. & Wennstrom, J.L. (2006) Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research* **17**: 165–171.

Cehreli, M.C., Akkocaoglu, M., Comert, A., Tekdemir, I. & Akca, K. (2007) Bone strains around apically free versus grafted implants in the posterior maxilla of human cadavers. *Medical and Biological Engineering and Computing* **45**: 395–402.

Cnaan, A., Laird, N.M. & Slasor, P. (1997) Tutorial in biostatistics: using the general linear mixed model to analyse unbalanced repeated measures and longitudinal data. *Statistic in Medicine* **16**: 2349–2380.

Conclusions

- If the MBL is higher than the cutoff value of 0.44 mm at 6 months post-loading, MBL progression tends to be significantly higher, with an increased risk of implant failure.
- New success criteria should be developed based on MBL rates during time intervals rather than on the peri-implant MBL value after a given period of time; the evaluation of MBL rates may provide crucial information on the biological event faced by clinicians.

Acknowledgements: This study was partially supported by Junta de Andalucía Funding Program for research groups in Spain (Projects #CTS-138 and #CTS-583). Authors have no financial interests, either directly or indirectly, in the products listed in the study.

Disclaimer

The authors have no financial interests, either directly or indirectly, in the products or information listed in the article.

Fransson, C., Lekholm, U., Jemt, T. & Berglundh, T. (2005) Prevalence of subjects with progressive bone loss at implants. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 440–446.

Galindo-Moreno, P., Avila, G., Fernandez-Barbero, J.E., Aguilar, M., Sanchez-Fernandez, E., Cutando, A. & Wang, H.L. (2007) Evaluation of sinus floor elevation using a composite bone graft mixture. *Clinical Oral Implants Research* **18**: 376–382.

Galindo-Moreno, P., Fauri, M., Avila-Ortiz, G., Fernandez-Barbero, J.E., Cabrera-Leon, A. & Sanchez-Fernandez, E. (2005) Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 579–586.

Galindo-Moreno, P., Fernandez-Jimenez, A., Avila-Ortiz, G., Silvestre, F.J., Hernández-Cortés, P. & Wang, H.L. (2013) Marginal bone loss around implants placed in maxillary native bone or grafted sinuses: a retrospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research*, doi: 10.1111/clr.12122 [Epub ahead of print].

Harris, D., Buser, D., Dula, K., Grondahl, K., Haris, D., Jacobs, R., Lekholm, U., Nakielny, R., van Steenberghe, D. & van der Stelt, P. (2002) E.A.O. Guidelines for the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European association for osseointegration in trinity college Dublin. *Clinical Oral Implants Research* **13**: 566–570.

Heitz-Mayfield, L.J. (2008) Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *Journal of clinical periodontology* **35**: 292–304.

Inglam, S., Suebnukarn, S., Tharanon, W., Apatanon, T. & Sitthiseripratip, K. (2010) Influence of graft quality and marginal bone loss on implants placed in maxillary grafted sinus: a finite element study. *Medical and Biological Engineering and Computing* **48**: 681–689.

Isidor, F. (1996) Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clinical Oral Implants Research* **7**: 143–152.

Jung, R.E., Pjetursson, B.E., Glauser, R., Zembic, A., Zwahlen, M. & Lang, N.P. (2008) A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research* **19**: 119–130.

Klinge, B. (2012) Peri-implant marginal bone loss: an academic controversy or a clinical challenge?

European Journal of Oral Implantology (5 Suppl): S13–S19.

Koldslund, O.C., Scheie, A.A. & Aass, A.M. (2010) Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. *Journal of periodontology* **81**: 231–238.

Laurell, L. & Lundgren, D. (2011) Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: a meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **13**: 19–28.

Misch, C.E., Perel, M.L., Wang, H.L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., Steigmann, M., Rebaudi, A., Palti, A., Pikos, M.A., Schwartz-Arad, D., Choukroun, J., Gutierrez-Perez, J.L., Marenzi, G. & Valavanis, D.K. (2008) Implant success, survival, and failure: the international congress of oral implantologists (icoi) pisa consensus conference. *Implant Dentistry* **17**: 5–15.

Monje, A., Suarez, F., Galindo-Moreno, P., Garcia-Nogales, A., Fu, J.H. & Wang, H.L. (2013) A systematic review on marginal bone loss around short dental implants (<10 mm) for implant-supported fixed prostheses. *Clinical Oral Implants Research*, doi: 10.1111/clr.12236 [Epub ahead of print].

Norton, M.R. (2004) A short-term clinical evaluation of immediately restored maxillary TiOblast single-tooth implants. *The International journal of oral & maxillofacial implant* **19**: 274–281.

Norton, M.R. (2006) Multiple single-tooth implant restorations in the posterior jaws: maintenance of marginal bone levels with reference to the implant-abutment microgap. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **21**: 777–784.

Novaes, A.B. Jr, de Oliveira, R.R., Muglia, V.A., Papalexio, V. & Taba, M. (2006) The effects of interimplant distances on papilla formation and crestal resorption in implants with a Morse cone connection and a platform switch: a histomorphometric study in dogs. *Journal of periodontology* **77**: 1839–1849.

O'Leary, T.J., Drake, R.B. & Naylor, J.E. (1972) The plaque control record. *Journal of Periodontology* **43**: 38.

Papaspyridakos, P., Chen, C.J., Singh, M., Weber, H.P. & Gallucci, G.O. (2012) Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *Journal of dental research* **91**: 242–248.

Penarrocha-Diago, M.A., Flichy-Fernandez, A.J., Alonso-Gonzalez, R., Penarrocha-Oltra, D.,

- Balaguer-Martinez, J. & Penarrocha-Diago, M. (2012) Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study. *Clinical Oral Implants Research*, **24**: 1192–1200.
- Qian, J., Wennerberg, A. & Albrektsson, T. (2012) Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **14**: 792–807.
- Rao, J.N.K. & Scott, A.J. (1981) The analysis of categorical data from complex sample surveys: chi-squared tests for goodness-of-fit and independence in two-way tables. *Journal of the American Statistical Association* **76**: 221–230.
- Rao, J.N.K. & Scott, A.J. (1984) On chi-squared tests for multi-way tables with cell proportions estimated from survey data. *Annals of Statistics* **12**: 46–60.
- Roos-Jansaker, A.M., Lindahl, C., Renvert, H. & Renvert, S. (2006) Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part ii: presence of peri-implant lesions. *Journal of clinical periodontology* **33**: 290–295.
- Safii, S.H., Palmer, R.M. & Wilson, R.F. (2010) Risk of implant failure and marginal bone loss in subjects with a history of periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **12**: 165–174.
- van Steenberghe, D., Naert, I., Jacobs, R. & Quirynen, M. (1999) Influence of inflammatory reactions vs. Occlusal loading on peri-implant marginal bone level. *Advances in Dental Research* **13**: 130–135.
- Tarnow, D.P., Cho, S.C. & Wallace, S.S. (2000) The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *Journal of periodontology* **71**: 546–549.
- Wang, H.L. & Katranji, A. (2008) Abc sinus augmentation classification. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **28**: 383–389.
- West, B.T., Welch, K.B. & Galecki, A.T. (2006) *Linear Mixed Models: A practical guide using statistical software*. London: Chapman & Hall/CRC Press.
- Wilson, T.G. Jr (2009) The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. *Journal of periodontology* **80**: 1388–1392.

4.2.2. Resultados del Estudio 2

Este estudio incluyó 131 pacientes a los que se colocó un total de 315 implantes, de los que se excluyeron 7 por falta de datos. El 44.5% de ellos (137 implantes) fueron clasificados en el grupo LA (pilar largo ≥ 2.00 mm de altura), y el 55.5% (171 implantes) pertenecieron al grupo SA (pilar corto < 2.00 mm).

La tasa de MBL fue mayor en hueso injertado vs. hueso pristino ($p=.013$), para hombres vs. mujeres ($p=.044$), mayor en fumadores vs. no fumadores ($p<.001$), y mayor en pacientes periodontales vs. pacientes sanos ($p<.001$).

El ajuste de Bonferroni indicó una tasa de MBL más baja en rehabilitaciones completas vs. prótesis parciales fijas o sobredentaduras, y una tasa de MBL más baja en prótesis parciales fijas vs. sobredentaduras.

El Análisis Lineal Mixto de la tasa de MBL mesial y distal mostró efectos significativos de la altura del pilar [$F(1,1216)=58.25$, $p<.01$], el tiempo [$F(1,126)=23.53$, $p<.01$], el tipo de hueso [$F(1,1216)=6.69$, $p=.01$], el hábito de fumar [$F(1,1216)=19.30$, $p<.01$] e historia previa de periodontitis [$F(1,1216)=6.42$, $p=.01$]. La tasa de MBL fue más alta para implantes del grupo SA vs. implantes del grupo LA, fue mayor durante el primer periodo estudiado (desde la carga del implante hasta 6 meses después de la carga) vs. el segundo periodo de estudio (desde los 6 meses a los 18 meses después de la carga), mayor en pacientes periodontales (0.051 mm/mes) vs. pacientes sanos (0.040 mm/mes), para pacientes fumadores de >10 cigarrillos diarios (0.0009 mm/mes) y en hueso injertado (0.050 mm/mes) vs. hueso pristino (0.040 mm/mes).

Pablo Galindo-Moreno
 Ana León-Cano
 Alberto Monje
 Inmaculada Ortega-Oller
 Francisco O'Valle
 Andrés Catena

Abutment height influences the effect of platform switching on peri-implant marginal bone loss

Authors' affiliations:

Pablo Galindo-Moreno, Ana León-Cano, Inmaculada Ortega-Oller, Oral Surgery and Implant Dentistry Department, School of Dentistry, University of Granada, Granada, Spain
 Alberto Monje, Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA
 Francisco O'Valle, Department of Pathology, School of Medicine & IBIMER, University of Granada, Granada, Spain
 Andrés Catena, Department of Experimental Psychology, School of Psychology, University of Granada, Granada, Spain

Corresponding author:

Pablo Galindo-Moreno, DDS, PhD
 C/ Recogidas, 39 5° Izq, 18005 Granada, Spain
 Tel.: +34 958 520658
 Fax: +34 958 520658
 e-mail: pgalindo@ugr.es

Key words: alveolar bone loss, dental implant and dental implant-abutment connection, peri-implantitis

Abstract

Purpose: The purpose was to radiographically analyze and compare the marginal bone loss (MBL) between implants with different mismatching distance and to study the influence of the prosthetic abutment height on the MBL in association with the related mismatching distances.

Material and methods: This retrospective study included 108 patients in whom 228 implants were placed, 180 with diameter of 4.5 mm and 48 with diameter of 5 mm. All patients received OsseoSpeed™ implants with internal tapered conical connection (Denstply Implants). Different mismatching distances were obtained, given that all implants were loaded with the same uni-abutment type (Lilac; Denstply Implants). Data were gathered on age, gender, bone substratum, smoking habits, previous history of periodontitis, and prosthetic features. MBL was analyzed radiographically at 6 and 18 months post-loading.

Results: Mixed linear analysis of mesial and distal MBL values yielded significant effects of abutment, implant diameter, follow-up period, bone substratum, smoking, and abutment × time interaction. MBL was greater at 18 vs. 6 months, for short vs. long abutments, for grafted vs. pristine bone, for a heavier smoking habit, and for implants with a diameter of 5.0 vs. 4.5 mm.

Conclusion: Greater mismatching does not minimize the MBL; abutment height, smoking habit, and bone substratum may play a role in the MBL over the short- and medium term.

Implant survival is no longer considered a concern in current implant dentistry due to advances in implant design and surgical techniques. Nonetheless, a successful outcome requires minimal marginal bone loss (MBL) over time to avert pathogenic microflora that may elicit inflammation and progressive bone resorption (Lindhe & Meyle 2008). Numerous efforts have been made to minimize this biological event, which may adversely affect long-term implant stability (Laurell & Lundgren 2011; Tatarakis et al. 2012).

It has been demonstrated that patient habits (Galindo-Moreno et al. 2005), implant/abutment design (Canullo et al. 2010; Aloy-Prosper et al. 2011; Penarrocha-Diago et al. 2013; Monje et al. 2014), prosthetic considerations (Cardaropoli et al. 2006), bone substratum (Galindo-Moreno et al. 2013b), and surgical aspects influence the MBL at 1 year of loading (Esposito et al. 2009). It has also been found that initial bone resorption,

considered to be physiological (Tatarakis et al. 2012), occurs after the implants are functionally loaded (Hermann et al. 2000a,b). This can be explained by the establishment of the peri-implant biological width (Berglundh & Lindhe 1996) to produce an inflammatory reaction that achieves a minimal mucosal coverage to protect implant osseointegration, which culminates in an osteoclastic reaction (Tatarakis et al. 2012). Because the initial bone resorption may trigger a progressive MBL that can threaten implant survival, clinicians must take measures to maintain the bone level after both surgical and prosthetic stages.

The development of platform switching has proven effective to maintain optimal bone levels over time (Lazzara & Porter 2006; Atieh et al. 2010; Canullo et al. 2010; Annibali et al. 2012). This approach is based on the proposition that a narrower abutment, and the consequent mismatching with the implant neck, might reduce the vertical component of the

Date:
 Accepted 26 December 2014

To cite this article:

Galindo-Moreno P, León-Cano A, Monje A, Ortega-Oller I, O'Valle F, Catena A. Abutment height influences the effect of platform switching on peri-implant marginal bone loss. *Clin. Oral Impl. Res.* 00, 2015, 1–7
 doi: 10.1111/clr.12554

biological width and create a greater horizontal distance to harbor the inflammatory cell infiltrate. Studies using finite element analysis found that a narrowing of the abutment might distribute the biomechanical stress toward the central axis of the implant (Maeda et al. 2007). Accordingly, platform switching may enable the placement of dental implants closer to adjacent teeth/implants (Rodríguez-Ciurana et al. 2009a; Baffone et al. 2011, 2012; Vela-Nebot et al. 2011).

Nevertheless, although there appears to be a consensus that platform switching is a suitable technique for minimizing/preventing initial MBL, the optimal mismatching distance remains controversial (Atieh et al. 2010; Baffone et al. 2011, 2012). Based on the assumption that the aforementioned horizontal component modifies the localization of the inflammatory response and subsequent accumulation of periodontal pathogens, we hypothesized that a greater mismatching distance would result in a lesser bone loss. Moreover, not only horizontal mismatching but also vertical mismatching (between implant and crown) may play a role in MBL, and it was recently reported that the MBL is lesser with greater abutment height (Galindo-Moreno et al. 2014b), possibly for the same reasons, that is, the greater space available for soft tissue establishment and/or the removal of the inflammation zone away from the crown–abutment area toward the bone (Piattelli et al. 2003). The objectives of this study were (i) to radiographically analyze and compare the MBL between implants with the same technical features but different diameters, pooled for analysis according to their mismatching distance, and (ii) to study the influence of abutment height on the effects of mismatching distance on the MBL.

Material and methods

Study population

All participants were selected from a private practice pool by applying the following inclusion criteria: age of 18–85 years, American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status of I or II, need for restoration of at least two teeth in the posterior maxilla, periodontal stability, and enrollment in a periodontal maintenance program. Exclusion criteria were history of medication or the presence of any condition known to modify bone metabolism and the presence of acute or chronic sinus pathology or any type of cancer or other major systemic disease. All

patient records contained standardized digital orthopantomographs obtained after the implant installation, at the final restoration delivery (baseline), and at 6 and 18 months after functional loading. The study protocol was reviewed and approved by the ethical committee of the University of Granada.

The 108 patients enrolled in this retrospective study received 228 implants: 180 with diameter of 4.5 mm and 48 with diameter of 5 mm. All implants were OsseoSpeed™ ASTRATECH implants with internal tapered conical connection (Denstply Implants, Mölndal, Sweden). These implants show similar technical features and are loaded with the same LILAC uni-abutment™ (Denstply Implants), but have a different diameter and therefore different mismatching distance (Fig. 1). The mean mismatching distance was 0.395 mm with the 4.5-mm-diameter implants and 0.705 mm with the 5.0-mm-diameter implants (data provided by Denstply Implants, R & D Department). Conceptually, the 5.0-mm-diameter implants used in this study would provide a greater mismatch between the implant neck adjacent to the bone and the abutment–implant interface, reducing the MBL in comparison to 4.5-mm-diameter implants. This longer distance would allow a reduction in the vertical component of the biological width and would divert the inflammatory cell infiltrate from implant–bone interface to the abutment–implant interface.

Surgical and restorative procedures

All surgical procedures were conducted under local anesthesia (Ultracain®; Aventis Inc., Frankfurt, Germany). Sinus augmentation procedures were performed in patients with inadequate bone availability, applying the bone scraper technique as described elsewhere (Galindo-Moreno et al. 2007). All sinus cavities were grafted using autologous cortical bone in combination (approximate ratio of 1 : 1) with anorganic bovine bone particles (250–1000 µm in size, Bio-Oss®; Geistlich Pharma AG, Wolhusen, Switzerland). A conventional implant placement protocol was followed in patients not requiring maxillary sinus augmentation. All patients were prescribed a pharmacologic regimen of amoxicillin/clavulanic acid tablets (875/125 mg, TID for 7 days) or, if allergic to penicillin, clindamycin tablets (300 mg, TID for 7 days), and anti-inflammatory medication (Ibuprofen 600 mg every 4–6 h as needed to a maximum of 3600 mg/day). The post-operative healing of patients was evaluated at 6- to 8-week intervals.

Transepithelial abutments were placed in a second surgical procedure, and implant-supported prostheses were delivered 4 weeks later. All definitive restorations were screw-retained fixed dentures. Standardized Lilac uni-abutments (Denstply Implants) were used to connect implants with the screwed restoration, with heights of 0, 0.5, 1, 2, or 4 mm.

Radiographic evaluation of MBL

Standardized digital panoramic radiographs (Kodak ACR-2000; Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) were obtained at the time of treatment planning, after implant surgery (baseline), at final restoration delivery, and at 6 and 18 months after functional loading. They were exported to a computer software package for further analysis (Dent-A-View v1.0; DigiDent, DIT, Nesher, Israel). For the MBL determination, a single independent calibrated examiner (AL-C) made linear measurements on each panoramic radiograph from the most mesial and distal point of the implant platform to the crestal bone (Fig. 2). The magnification of the radiographs was corrected in accordance with the clinical data (height and width) for each implant. A simple mathematical calculation was performed to calibrate and recalculate each linear MBL measurement according to the radiographic image size.

Additional data recorded

Data were gathered in all patients on their age, gender, tobacco and alcohol consumption habits (at the time of study enrollment), history of periodontal disease, and bone substratum. Smoking status was classified as: non-smoker (0 cig/day), mild smoker (0–10 cig/day), and heavy smoker (>10 cig/day). Patients with an alcohol intake >10 g/day were considered alcohol consumers (Galindo-Moreno et al. 2005). Periodontal disease history was determined by assessment of the clinical attachment loss (CAL) using a Michigan O probe (Hufriedy, Chicago, IL, USA); patients with ≥4 sites exhibiting CAL ≥3 mm (excluding third molars) were considered to have periodontitis.

Statistical analysis

After a descriptive statistical analysis, a linear mixed model was used to determine the effects of abutment height and platform switching on the MBL at two peri-implant sites (mesial and distal) at 6 and 18 months after functional loading, controlling for age,

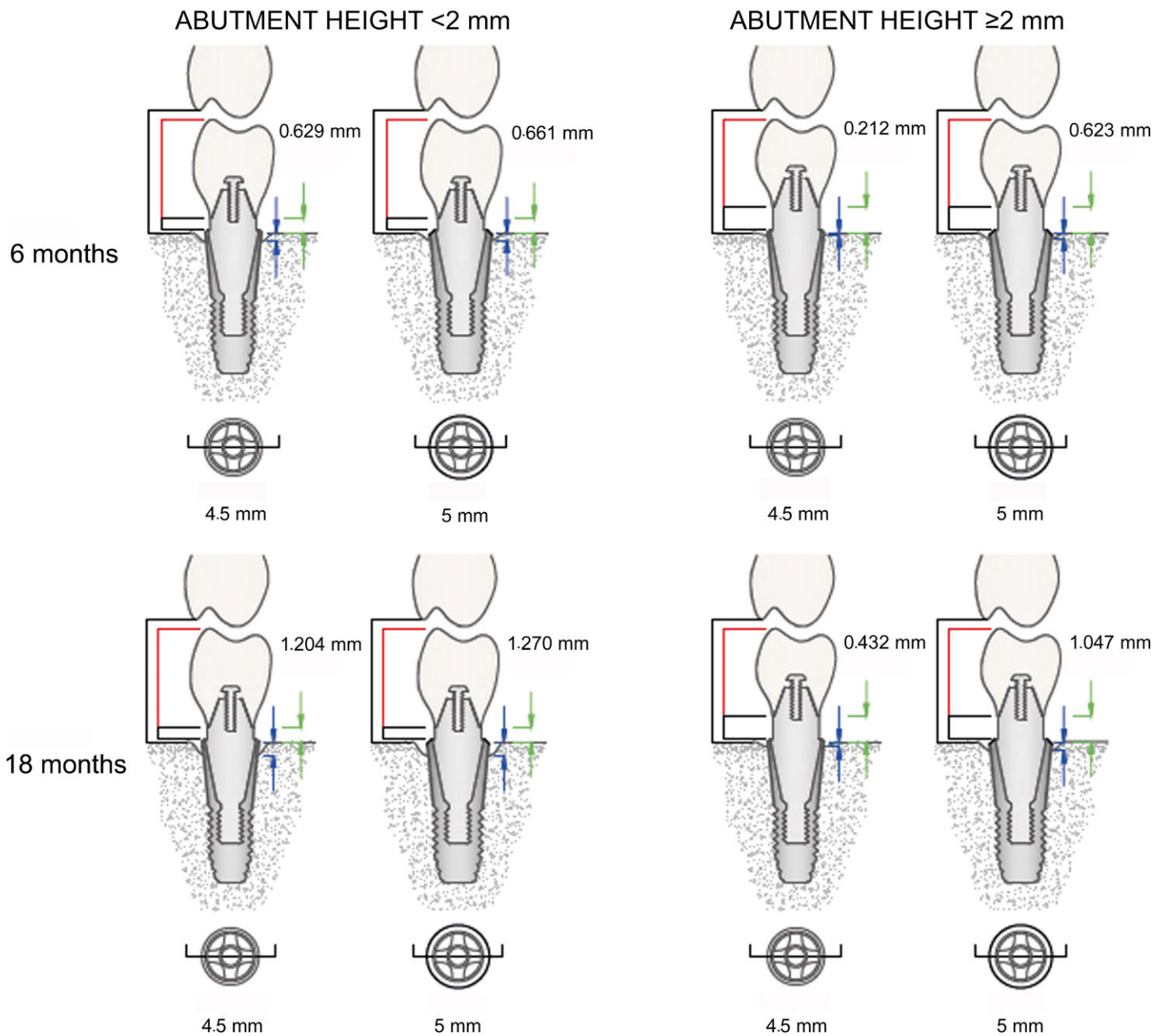


Fig. 1. Schematic diagram of the results (mean MBL from mesial and distal aspects) as a function of implant diameter, height of the prosthetic abutment, and time of follow-up.

gender, smoking habits, periodontal status, prosthesis type, bone substratum type, and implant length. A scaled identity covariance matrix was used, following Schwarz's Bayesian information criterion. When no significant difference was found between mesial and distal aspects or between time points, the average MBL values were used to reveal the effects of the variables of interest. The abutment height was classified in two categories: <2.00 mm (short abutment [SA]) and ≥2.00 mm (long abutment [LA]) (Vervaeke et al. 2014a). The patient was taken as the random factor. Residuals

were assessed for their normality by normal quantile plot. An improvement in the Schwarz's Bayesian index was used as the criterion to keep factors in or out of the statistical model.

Results

Table 1 exhibits the sociodemographical, clinical, and peri-implant data gathered in the 108 patients (228 implants) studied. Table 2 gives the MBL (in mm) on the mesial and distal aspects.

Mixed linear analysis of the mesial and distal MBL values yielded significant effects of abutment, $F(1,894) = 48.25$, $P < 0.01$; diameter, $F(1,894) = 6.88$, $P < 0.01$; time, $F(1,894) = 96.25$, $P < 0.01$; bone, $F(1,894) = 11.68$, $P = 0.01$; smoking, $F(1,894) = 62.68$, $P < 0.01$; and the abutment x time interaction, $F(1,894) = 10.28$, $P < 0.01$. The MBL was greater at 18 vs. 6 months, with short vs. long abutments, and with grafted vs. pristine bone, and it increased with a heavier smoking habit. The MBL was similar between implants with diameter of 5 and 4.5 mm when the abutment was shorter than

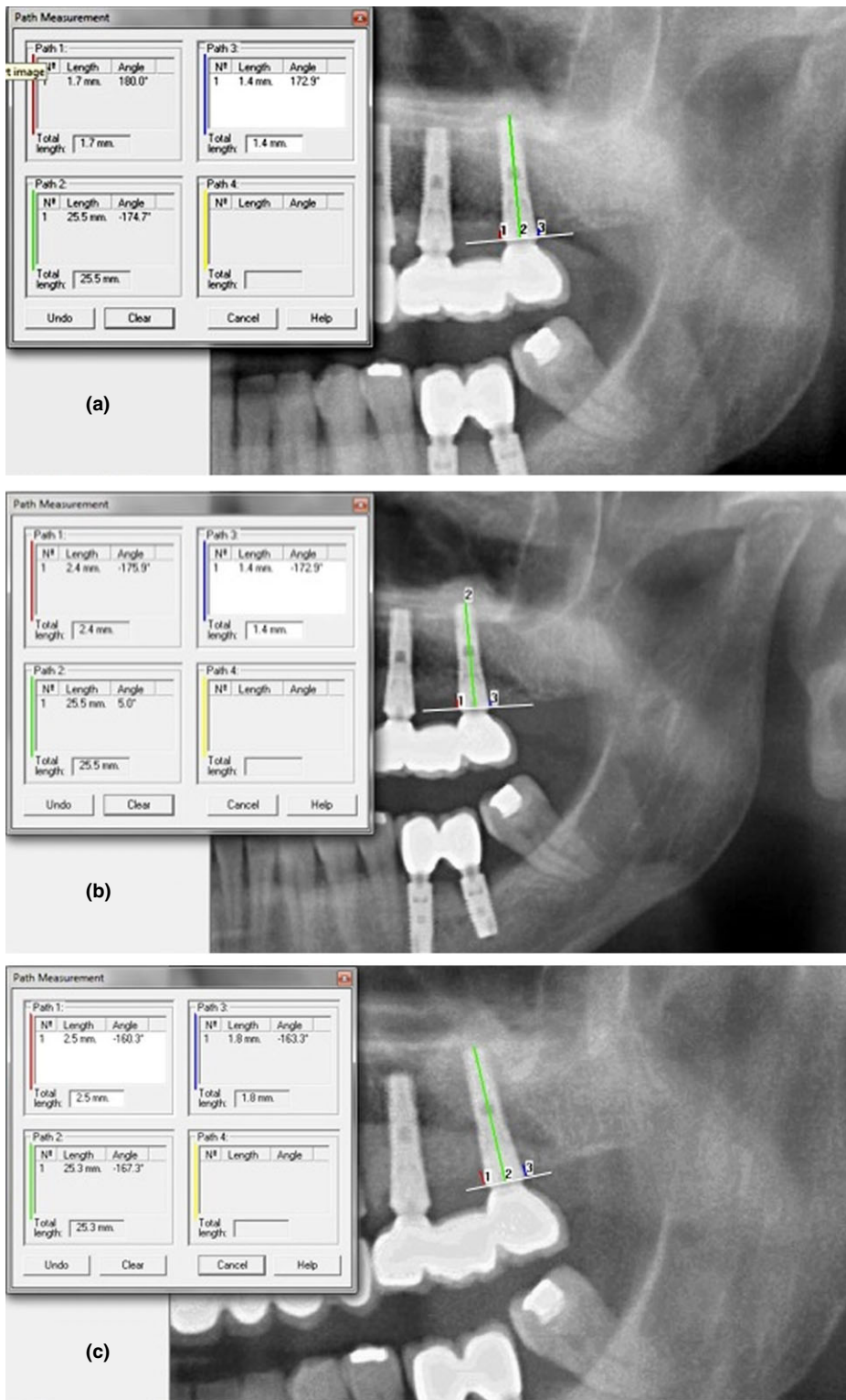


Fig. 2. Radiographic methodology to measure MBL at baseline (a), 6-month follow-up (b), and 18-month follow-up (c). The magnification of the radiographs was corrected in accordance with the clinical data (height and width) for each implant.

2 mm, but was significantly greater in the 5-mm vs. 4.5-mm implants when the abutment was 2 mm or higher ($P = 0.009$, Table 2).

Discussion

The results of this radiological study do not confirm our hypothesis of a lesser MBL with

longer horizontal mismatching distance. A striking observation was that the MBL was greater in the implants with wider (5.0 mm) vs. narrower (4.5 mm) diameters when the abutment was 2 mm or higher. When results for the all implants (with both diameters) were considered together, it was found that the peri-implant MBL was markedly influenced by the abutment height and was greater when this was 2 mm or higher, in agreement with recent reports (Galindo-Moreno et al. 2014b; Vervaeke et al. 2014a,b).

A slight bone loss after prosthesis delivery is still considered a successful outcome (Hermann et al. 2000b) and as unavoidable due to the establishment of the biological width (Rodriguez-Ciurana et al. 2009b; Tatarakis et al. 2012). However, a recent study found a bone loss >0.45 mm at 6 months post-loading to be a clear indicator of bone loss progression, regardless of the etiology of the MBL, highlighting the need for the clinician to implement all possible measures to minimize the initial MBL (Galindo-Moreno et al. 2014a). Our results confirm that application of the “platform-switching” concept can preserve marginal bone over the short and medium term, surpassing generally accepted success criteria for MBL (Albrektsson et al. 1986, 2012a,b,c; Misch et al. 2008; Laurell & Lundgren 2011), in agreement with previous reports (Lazzara & Porter 2006; Atieh et al. 2010; Canullo et al. 2010; Annibali et al. 2012). Nevertheless, as expected, the MBL was greater at 18 months than at 6 months post-loading, underscoring the need for patients to participate in a thorough recall maintenance program after implant placement. This finding also confirms that even a minimal physiological bone loss leads to a progressive MBL over time, likely attributable to the presence of putative pathogens in the intra-bony defect (Dursun et al. 2013).

Authors studying the application of platform switching observed a lesser MBL with a greater mismatching distance (Degidi et al. 2008; Luongo et al. 2008; Cochran et al. 2009; Weng et al. 2010), and a recent meta-analysis (Atieh et al. 2010) reported that the MBL was significantly reduced with a diameter mismatch of ≥ 0.4 mm in comparison with a mismatch of <0.4 mm. The present study may confirm these results, because the similarity in MBL between the groups may be explained by the fact that both had a mismatch of close to or above 0.4 mm (0.395 vs. 0.705, for 4.5 and 5.0 mm diameter, respectively). However, the MBL was significantly greater with the increased mismatch when the abutment height was 2 mm or

Table 1. Clinical, sociodemographic, and implant-related variables

Variable	Levels	N	%
Sex	Males	53	49.1
	Females	55	50.9
Smoking	Smokers	73	67.6
	Non-Smokers	35	32.4
Alcohol	No	103	95.4
	Yes	5	4.6
Periodontitis	Yes	70	64.8
	No	38	35.2
Plaque	0	2	0.9
	1	122	53.5
	2	72	31.6
	3	32	14.0
Site	Right	104	45.6
	Left	124	54.4
Bone	Graft	132	57.9
	Pristine	96	42.1
Implant diameter	4.5	180	78.9
	5	48	21.1
Implant length	11	10	4.4
	13	100	43.9
	15	118	51.8
	17	3	1.3
Abutment height	0	3	1.3
	0.5	78	34.2
	1	31	13.6
	2	99	43.4
	4	17	7.5
Prosthesis	FR	105	46.1
	PFD	108	47.4
	OD	15	6.6

Implant diameter and length, and abutment height are given in mm.
FR, full-arch rehabilitation; PFD, partial fixed denture; OD, overdenture.

more, indicating a lesser preservation of bone level with greater mismatching. This apparent discrepancy may be explained by the limitations of our study, including its retrospective design and the small size and heterogeneity of the patient sample. It may

Table 2. Marginal bone loss (in mm) at mesial and distal aspects at 6 and 18 months as a function of implant diameter, abutment height, bone substratum, and periodontal status

Aspect		6 months	18 months
Implant diameter 4.5 mm			
SA	Mesial	0.562 (0.433–0.692)	1.086 (0.917 1.255)
	Distal	0.696 (0.560–0.833)	1.323 (1.159 1.487)
LA	Mesial	0.195 (0.107 0.238)	0.408 (0.297 0.518)
	Distal	0.230 (0.145 0.315)	0.456 (0.338 0.574)
Implant diameter 5 mm			
SA	Mesial	0.557 (0.212 0.902)	1.272 (0.754 1.790)
	Distal	0.765 (0.368 1.163)	1.269 (0.819 1.718)
LA	Mesial	0.549 (0.294 0.804)	0.912 (0.520 1.304)
	Distal	0.498 (0.245 0.752)	1.182 (0.595 1.768)
Bone	Grafted	0.584 (0.500 0.668)	1.001 (0.885 1.118)
	Pristine	0.276 (0.216 0.337)	0.727 (0.621 0.832)
Periodontitis	No	0.336 (0.263 0.409)	0.664 (0.558 0.769)
	Yes	0.529 (0.450 0.608)	1.025 (0.913 1.137)
Smoking*		0.008 (0.001 0.015)	0.024 (0.014 0.033)

95% confidence interval limits in parentheses. Error normality was assessed by normal quantile plots. No deviation from normality was observed.
*mm per cigarette.

also be attributable to the more aggressive drilling protocol used for the wider diameter implants, which may have produced greater bone resorption due to the increased surgical trauma, as previously reported (Qian et al. 2012). Previous studies have indicated that stress forces are better tolerated by wider than narrower implants, regardless of the abutment width (Chang et al. 2010; Tabata et al. 2010; Pellizzer et al. 2012, 2013). The influence of abutment height on MBL found in the present investigation may shed light on this issue, and further randomized controlled clinical trials are warranted.

In the present study, the patients' smoking habit, history of periodontitis, and bone substratum were found to have a significant role in marginal bone preservation around platform-switched implants, in agreement with previous reports (Galindo-Moreno et al. 2005, 2013a; Safii et al. 2010; Vervaeke et al. 2014b), although the aforementioned study limitations should be borne in mind. Factors implicated in MBL loss include those related to the prosthesis (Cardaropoli et al. 2006), clinical handling (Qian et al. 2012), and alcohol consumption (Galindo-Moreno et al. 2005).

As noted above, the platform-switching concept is based on the removal of the cellular inflammatory response and consequent oral microflora away from the crestal bone to prevent bone resorption and therefore respect the "biological width" (Lazzara & Porter 2006). In a monkey model, Piattelli et al. (2003) demonstrated that the inflammation area around the crown-to-implant connection might play a

major role in MBL, finding a lesser MBL with longer distance between the crown and implant, introducing a novel concept that may be supported by our findings in humans. In the present study, the effect of implant diameter on the MBL was only significant when the uni-abutment was longer than 2 mm. In other words, vertical mismatching (implant-abutment height) may have a greater influence on peri-implant bone preservation than does horizontal mismatching. This observation is consistent with the report of a direct relationship between the prosthetic abutment height and the MBL in previous studies (Galindo-Moreno et al. 2014b; Vervaeke et al. 2014a). Vervaeke and coworkers, using a slightly different model, observed significantly greater bone losses at 1 and 2 years around implants with abutments of <2 mm (1.17 mm; 1.23 mm, respectively), 2 mm (0.86 mm; 1.03 mm), or 3 mm (0.38 mm; 0.41 mm) than around implants with abutments of ≥4 mm. In fact, a recent 9-yr follow-up study from the same team identified abutment height as the sole predictor of early peri-implant bone loss, with multivariate analysis results showing significantly greater bone loss around implants with shorter vs. longer abutments (Vervaeke et al. 2014b). Hence, the abutment height, not previously considered as an influential factor, should also be taken into consideration for maximizing success rates in implant dentistry.

The present study has some limitations. The MBL was measured on panoramic radiographs, whereas periapical radiography has been described as the ideal technique to measure peri-implant MBL (Albrektsson et al. 2012a). However, the standardization of intra-oral radiographic techniques is challenging in the maxilla and requires the application of a bisector technique, decreasing the reproducibility of sequential radiographic images. In contrast, panoramic radiographs are performed with a repetitive standardized parallel technique, facilitating the reproducibility of radiological analyses. Secondly, prospective studies with a larger sample of implants should be conducted to verify our findings.

Conclusion

Within the limitations of this study, it can be concluded that (i) a greater horizontal mismatching does not improve marginal bone level outcomes; (ii) smoking, bone substratum, and abutment height may influence the marginal bone level over the short- and medium term. However, the results of this study

should be interpreted with caution and require validation in wider randomized clinical trials.

Acknowledgements: The authors are grateful to Mr. Luis O'Valle for designing the illustration used in this manuscript. This paper was supported in part by Research

Groups #CTS-138 and #CTS-583 (Junta de Andalucía, Spain).

Disclaimer

The authors do not have any financial interests, either directly or indirectly, in the

products or information listed in the paper.

References

- Albrektsson, T., Buser, D. & Sennerby, L. (2012a) Crestal bone loss and oral implants. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **14**: 783–791.
- Albrektsson, T., Buser, D. & Sennerby, L. (2012b) On crestal/marginal bone loss around dental implants. *International Journal of Prosthodontics* **25**: 320–322.
- Albrektsson, T., Buser, D. & Sennerby, L. (2012c) On crestal/marginal bone loss around dental implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **27**: 736–738.
- Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P. & Eriksson, A.R. (1986) The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **1**: 11–25.
- Aloy-Prosper, A., Maestre-Ferrin, L., Penarrocha-Oltra, D. & Penarrocha-Diago, M. (2011) Marginal bone loss in relation to the implant neck surface: an update. *Medicina Oral Patologia Oral Cirugia Bucal* **16**: e365–e368.
- Annibali, S., Bignozzi, I., Cristalli, M.P., Graziani, F., La Monaca, G. & Polimeni, A. (2012) Peri-implant marginal bone level: a systematic review and meta-analysis of studies comparing platform switching versus conventionally restored implants. *Journal of Clinical Periodontology* **39**: 1097–1113.
- Atieh, M.A., Ibrahim, H.M. & Atieh, A.H. (2010) Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontology* **81**: 1350–1366.
- Baffone, G.M., Botticelli, D., Canullo, L., Scala, A., Beolchini, M. & Lang, N.P. (2012) Effect of mismatching abutments on implants with wider platforms – an experimental study in dogs. *Clinical Oral Implants Research* **23**: 334–339.
- Baffone, G.M., Botticelli, D., Pantani, F., Cardoso, L.C., Schweikert, M.T. & Lang, N.P. (2011) Influence of various implant platform configurations on peri-implant tissue dimensions: an experimental study in dog. *Clinical Oral Implants Research* **22**: 438–444.
- Berglundh, T. & Lindhe, J. (1996) Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal of Clinical Periodontology* **23**: 971–973.
- Canullo, L., Fedele, G.R., Iannello, G. & Jepsen, S. (2010) Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clinical Oral Implants Research* **21**: 115–121.
- Cardaropoli, G., Lekholm, U. & Wennstrom, J.L. (2006) Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clinical Oral Implants Research* **17**: 165–171.
- Chang, C.L., Chen, C.S. & Hsu, M.L. (2010) Biomechanical effect of platform switching in implant dentistry: a three-dimensional finite element analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **25**: 295–304.
- Cochran, D.L., Bosshardt, D.D., Grize, L., Higginbottom, F.L., Jones, A.A., Jung, R.E., Wieland, M. & Dard, M. (2009) Bone response to loaded implants with non-matching implant-abutment diameters in the canine mandible. *Journal of Periodontology* **80**: 609–617.
- Degidi, M., Nardi, D. & Piattelli, A. (2008) Peri-implant tissue and radiographic bone levels in the immediately restored single-tooth implant: a retrospective analysis. *Journal of Periodontology* **79**: 252–259.
- Dursun, E., Tulunoglu, I., Ozbek, S.M., Uysal, S., Akalin, F.A., Kilinc, K., Karabulut, E. & Tozum, T.F. (2013) The Influence of Platform Switching on Clinical, Laboratory, and Image-Based Measures: A Prospective Clinical Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **16**: 936–946.
- Eposito, M., Grusovin, M.G., Achille, H., Coulthard, P. & Worthington, H.V. (2009) Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. *Cochrane Database Systematic Reviews*. CD003878 doi:10.1002/14651858.CD003878.pub4.
- Galindo-Moreno, P., Avila, G., Fernandez-Barbero, J.E., Aguilar, M., Sanchez-Fernandez, E., Cutando, A. & Wang, H.L. (2007) Evaluation of sinus floor elevation using a composite bone graft mixture. *Clinical Oral Implants Research* **18**: 376–382.
- Galindo-Moreno, P., Fauri, M., Avila-Ortiz, G., Fernandez-Barbero, J.E., Cabrera-Leon, A. & Sanchez-Fernandez, E. (2005) Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study. *Clinical Oral Implants Research* **16**: 579–586.
- Galindo-Moreno, P., Fernandez-Jimenez, A., Avila-Ortiz, G., Silvestre, F.J., Hernandez-Cortes, P. & Wang, H.L. (2013a) Marginal bone loss around implants placed in maxillary native bone or grafted sinuses: a retrospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research* **25**: 378–384.
- Galindo-Moreno, P., Fernandez-Jimenez, A., O'Valle, F., Silvestre, F.J., Sanchez-Fernandez, E., Monje, A. & Catena, A. (2013b) Marginal bone loss in implants placed in grafted maxillary sinus. *Clinical Implant Dentistry & Related Research*, doi:10.1111/cid.12092.
- Galindo-Moreno, P., Leon-Cano, A., Ortega-Oller, I., Monje, A., O Valle, F. & Catena, A. (2014a) Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm. *Clinical Oral Implants Research*, doi:10.1111/clr.12324.
- Galindo-Moreno, P., Leon-Cano, A., Ortega-Oller, I., Monje, A., Suarez, F., O'Valle, F., Spinato, S. & Catena, A. (2014b) Prosthetic abutment height is a key factor in peri-implant marginal bone loss. *Journal of Dental Research* **93**(Suppl): 80S–85S.
- Hermann, J.S., Buser, D., Schenk, R.K. & Cochran, D.L. (2000a) Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *Journal of Periodontology* **71**: 1412–1424.
- Hermann, J.S., Buser, D., Schenk, R.K., Higginbottom, F.L. & Cochran, D.L. (2000b) Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clinical Oral Implants Research* **11**: 1–11.
- Laurell, L. & Lundgren, D. (2011) Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: a meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **13**: 19–28.
- Lazzara, R.J. & Porter, S.S. (2006) Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **26**: 9–17.
- Lindhe, J. & Meyle, J. (2008) Peri-implant diseases: consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology* **35**: 282–285.
- Luongo, R., Traini, T., Guidone, P.C., Bianco, G., Cocchetto, R. & Celletti, R. (2008) Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **28**: 551–557.
- Maeda, Y., Miura, J., Taki, I. & Sogo, M. (2007) Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clinical Oral Implants Research* **18**: 581–584.
- Misch, C.E., Perel, M.L., Wang, H.L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., Steigmann, M., Rebaudi, A., Palti, A., Pikos, M.A., Schwartz-Arad, D., Choukroun, J., Gutierrez-Perez, J.L., Marenzi, G. & Valavanis, D.K. (2008) Implant success, survival, and failure: the International

- Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dentistry* **17**: 5–15.
- Monje, A., Suarez, F., Galindo-Moreno, P., Garcia-Nogales, A., Fu, J.H. & Wang, H.L. (2013) A systematic review on marginal bone loss around short dental implants (<10 mm) for implant-supported fixed prostheses (2014). *Clinical Oral Implants Research* **25**: 1119–1124.
- Pellizzer, E.P., Verri, F.R., de Moraes, S.L., Falcon-Antenucci, R.M., de Carvalho, P.S. & Noritomi, P.Y. (2013) Influence of the implant diameter with different sizes of hexagon: analysis by 3-dimensional finite element method. *Journal of Oral Implantology* **39**: 425–431.
- Pellizzer, E.P., Verri, F.R., Falcon-Antenucci, R.M., Junior, J.F., de Carvalho, P.S., de Moraes, S.L. & Noritomi, P.Y. (2012) Stress analysis in platform-switching implants: a 3-dimensional finite element study. *Journal of Oral Implantology* **38**: 587–594.
- Penarrocha-Diago, M.A., Flichy-Fernandez, A.J., Alonso-Gonzalez, R., Penarrocha-Oltra, D., Balaguer-Martinez, J. & Penarrocha-Diago, M. (2014) Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study (2013). *Clinical Oral Implants Research* **24**: 1192–1200.
- Piattelli, A., Vrespa, G., Petrone, G., Iezzi, G., Annibaldi, S. & Scarano, A. (2003) Role of the microgap between implant and abutment: a retrospective histologic evaluation in monkeys. *Journal of Periodontology* **74**: 346–352.
- Qian, J., Wennerberg, A. & Albrektsson, T. (2012) Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **14**: 792–807.
- Rodriguez-Ciurana, X., Vela-Nebot, X., Segala-Torres, M., Calvo-Guirado, J.L., Cambra, J., Mendez-Blanco, V. & Tarnow, D.P. (2009a) The effect of interimplant distance on the height of the interimplant bone crest when using platform-switched implants. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **29**: 141–151.
- Rodriguez-Ciurana, X., Vela-Nebot, X., Segala-Torres, M., Rodado-Alonso, C., Mendez-Blanco, V. & Mata-Bugueroles, M. (2009b) Biomechanical repercussions of bone resorption related to biologic width: a finite element analysis of three implant-abutment configurations. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **29**: 479–487.
- Saffi, S.H., Palmer, R.M. & Wilson, R.F. (2010) Risk of implant failure and marginal bone loss in subjects with a history of periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **12**: 165–174.
- Tabata, L.F., Assuncao, W.G., Adelino Ricardo Barao, V., de Sousa, E.A., Gomes, E.A. & Delben, J.A. (2010) Implant platform switching: biomechanical approach using two-dimensional finite element analysis. *Journal of Craniofacial Surgery* **21**: 182–187.
- Tatarakis, N., Bashutski, J., Wang, H.L. & Oh, T.J. (2012) Early implant bone loss: preventable or inevitable? *Implant Dentistry* **21**: 379–386.
- Vela-Nebot, X., Mendez-Blanco, V., Rodriguez-Ciurana, X., Segala-Torres, M. & Gil-Lozano, J.A. (2011) Implant positioning when replacing the four maxillary incisors: a platform-switched treatment option. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* **31**: 375–381.
- Vervaeke, S., Collaert, B., Cosyn, J. & De Bruyn, H. (2014b) A 9-year prospective case series using multivariate analyses to identify predictors of early and late peri-implant bone loss. *Clinical Implant Dentistry & Related Research*. Doi:10.1111/cid.12255. [Epub ahead of print].
- Vervaeke, S., Dierens, M., Besseler, J. & De Bruyn, H. (2014a) The influence of initial soft tissue thickness on peri-implant bone remodeling. *Clinical Implant Dentistry & Related Research* **16**: 238–247.
- Weng, D., Nagata, M.J., Bell, M., de Melo, L.G. & Bosco, A.F. (2010) Influence of microgap location and configuration on peri-implant bone morphology in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **25**: 540–547.

4.2.3. Resultados del Estudio 3

En este estudio se incluyeron un total de 108 pacientes a los que se colocaron un total de 208 implantes. De ellos, 180 eran implantes de 4.5 mm de diámetro y 48 implantes tuvieron un diámetro de 5.0 mm.

El Análisis Lineal Mixto de los valores de MBL mesial y distal mostró influencia significativa del pilar $F(1,894)=48.25$, $P<0.01$; diámetro del implante $F(1,894)=6.88$, $P<0.01$, tiempo $F(1,894)=96.25$, $P<0.01$, tipo de hueso $F(1,894)=11.68$, $P=0.01$, hábito de fumar $F(1,894)=62.68$, $P<0.01$ y por la interacción entre el pilar y el tiempo $F(1,894)=10.28$, $P<0.01$. La pérdida marginal ósea fue mayor a los 18 meses vs. 6 meses, fue mayor con pilares cortos vs. pilares largos, también fue mayor en hueso injertado vs. hueso pristino y se vio incrementada por el hábito de fumar >10 cigarrillos por día. La pérdida marginal ósea en implantes de diámetro de 5 mm y en implantes de diámetro de 4.5 mm fue similar cuando el pilar era más corto de 2 mm, pero fue significativamente mayor en implantes de diámetro de 5 mm vs. 4.5 mm cuando la longitud del pilar fue mayor o igual de 2 mm ($P=0.009$).

CLINICAL INVESTIGATIONS

Prosthetic Abutment Height is a Key Factor in Peri-implant Marginal Bone Loss

P. Galindo-Moreno^{1*}, A. León-Cano¹, I. Ortega-Oller¹, A. Monje², F. Suárez², F. O'Valle³, S. Spinato⁴, and A. Catena⁵

Abstract: *In this study, we analyzed the influence of prosthetic abutment height on marginal bone loss (MBL) around implants in the posterior maxilla. In this retrospective cohort study, the radiographically determined MBL was related to the height of the abutments of internal conical connection implants at 6 and 18 months post-loading. Data were gathered on age, sex, bone substratum, smoking habit, history of periodontitis, and prosthetic features, among other variables. A linear mixed model was used for statistical analysis. The study included 131 patients receiving 315 implants. MBL rates at 6 and 18 months were mainly affected by the abutment height but were also significantly influenced by the bone substratum, periodontitis, and smoking habit. MBL rates were higher for prosthetic abutment < 2 mm vs. ≥ 2 mm, for periodontal vs. non-periodontal patients, for grafted vs. pristine bone, and for a heavier smoking habit. The abutment height is a key factor in MBL. MBL rates followed a non-linear trend, with a greater MBL rate during the first 6 months post-loading than during the next 12 months.*

Key Words: sinus augmentation, peri-implantitis, dental implant, dental implant-abutment connection.

Introduction

Various etiologies have been proposed for marginal bone loss (MBL). It has been attributed to inflammation from biomechanical stress due to an incorrect occlusal prosthesis design (Rungsiyakull *et al.*, 2011) or from a foreign-body reaction to cement in the soft tissues around cemented-retained prostheses (Qian *et al.*, 2012). MBL may also be increased by the presence of pathogenic microflora that promote peri-implant inflammation, increasing pocket depth and bone resorption (Lindhe and Meyle, 2008). It has been observed that resorption is reduced with greater distance between the bone and the area of inflammation induced by bacteria in the implant-crown micro-gap (Piattelli *et al.*, 2003).

The bone level around dental implants is significantly affected by clinical decisions about the biologic width (Hermann *et al.*, 2000, 2001). It has been observed

that post-implantation wound healing consistently entails bone resorption and, therefore, the establishment of an angular bone defect at sites in which the mucosa is thinner than 2 mm before the abutment connection and remains similar over time (Berglundh and Lindhe, 1996). Significantly greater peri-implant bone loss was also reported when this tissue was thinner than 2 mm, regardless of the position of the micro-gap (Linkevicius *et al.*, 2009). A subsequent study found a similar magnitude of initial marginal bone loss between implants applied with a “platform-switching” or traditional implant/abutment approach in areas with mucosal thickness of 2 mm or less (Linkevicius *et al.*, 2010). These observations indicate that mucosal thickness has a major influence on the degree of early peri-implant bone loss (Wennström and Derks, 2012).

However, some authors found a higher MBL rate with a shorter prosthetics abutment, compressing the initial mucosa thickness, possibly due to a re-establishment of the biological width (Vervaeke *et al.*, 2014). Collaert and De Bruyn (2002) proposed a relationship between prosthetic abutment height and

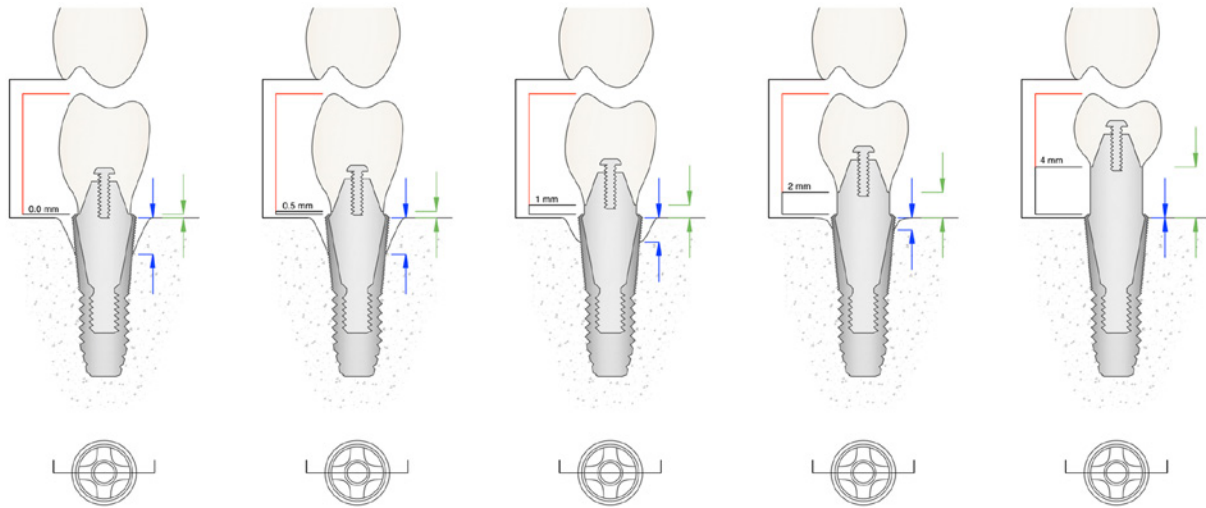
DOI: 10.1177/0022034513519800. ¹Oral Surgery and Implant Dentistry Department, School of Dentistry, University of Granada, Granada, Spain; ²Department of Periodontics and Oral Medicine, School of Dentistry, University of Michigan, Ann Arbor, USA; ³Department of Pathology, School of Medicine & IBIMER, University of Granada, Granada, Spain; ⁴Unit of Periodontology and Implantology, School of Dentistry, University of Bologna, Bologna, Italy; and ⁵Department of Experimental Psychology, School of Psychology, University of Granada, Granada, Spain; *corresponding author, pgalindo@ugr.es

A supplemental appendix to this article is published electronically only at <http://jdr.sagepub.com/supplemental>.

© International & American Associations for Dental Research

Figure 1.

Diagram depicting the marginal bone loss (MBL) in relation to the height of the prosthetic abutment. Note that the distance between the antagonist tooth and the bone remains the same in all clinical situations but is comprised of different abutment and crown heights.



peri-implant bone loss, although the absence of statistical analysis prevented meaningful conclusions from being drawn (Collaert and De Bruyn, 2002). Similar results were observed in another study, in which the prosthetic abutment height had an even greater influence on the MBL than did the internal or external implant connection (Galindo-Moreno *et al.*, 2014b).

Hence, according to the above data, MBL around healthy implants can be attributed to the biologic width establishment or to inflammation induced by bacteria present in the micro-gap formed around the crown-implant connection, regardless of the soft-tissue width. In theory, the use of higher abutments to connect the crown to the implant would provide more space for soft-tissue adaptation and would diminish bacteria-promoted inflammation, reducing the bone resorption mediated by these mechanisms.

The main objective of this study was to test the hypothesis that the peri-implant MBL would be reduced with higher abutments, due to the greater distance between crown and bone. Secondary objectives were to evaluate the influence of tobacco consumption, history of periodontitis, and bone substratum type on the MBL around implants in the posterior maxilla and to estimate the opti-

mal distance from the prosthetic crown to the bone surface for minimizing bone resorption.

Materials & Methods

Study Design

The eligible population for this retrospective correlational study was comprised of consecutive patients at 2 private practices who underwent functional restoration of the posterior maxilla between September 2008 and July 2010. Study inclusion criteria were: 18 to 85 yr of age, placement in the posterior maxilla of at least 2 implants splinted in the same screwed prosthetic structure, the presence of at least 5 mm of remnant crestal bone (Wang and Katranji, 2008), and performance of the surgery by the lead author (P.G.-M.). The study protocol was approved by the human research ethical committee of the University of Granada. The same implant system (Astra Tech AB, Mölndal, Sweden) was used in all patients, and all implants were surgically inserted at bone level.

Clinical Variables

Data were gathered for each patient on their age, sex, smoking habit, history of periodontal disease, implant features,

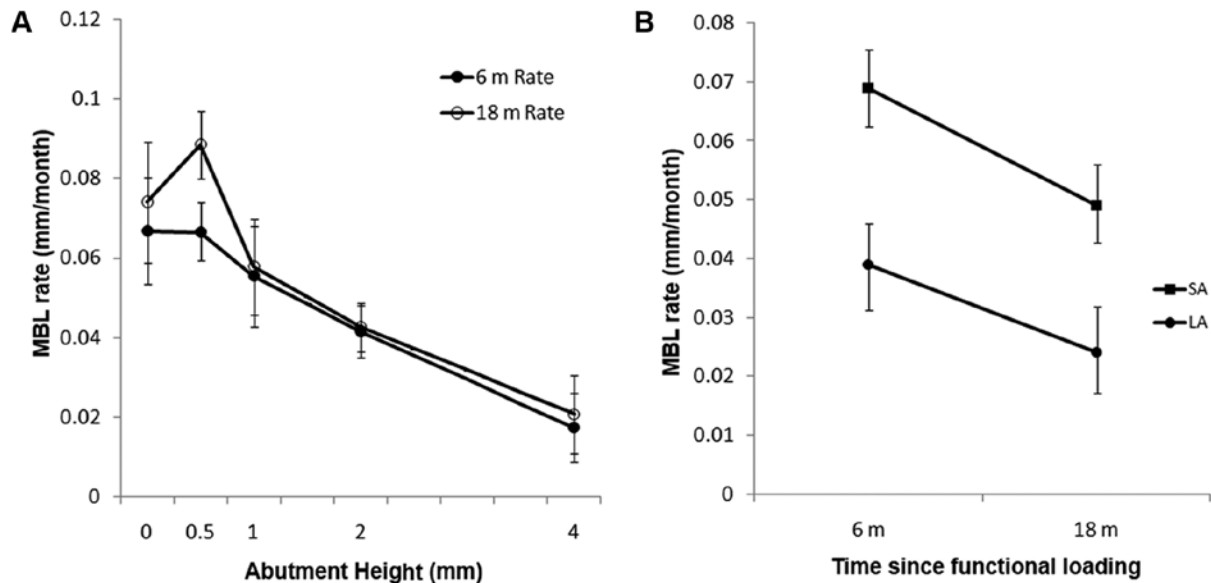
height of prosthetic abutment, and type of restoration. The smoking habit of the patients at the time of the surgery was recorded, classifying them as non-smokers (0 cig/day), mild smokers (0-10 cig/day), or heavy smokers (>10 cig/day). The history of periodontal disease was determined by assessment of the clinical attachment loss (CAL) with a Michigan O probe (Hu-Friedy, Chicago, IL, USA), defining periodontal disease as the presence of at least 4 sites with CAL \geq 3 mm. The height of uni-abutment used to fix the crown to the implant body was 0 mm, 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, or 4 mm, as indicated by the manufacturer (Astra Tech AB, Mölndal, Sweden) (Fig. 1). The restoration type was defined as full-arch rehabilitation, fixed partial denture, or overdenture.

Radiographic Evaluation of MBL

Standardized digital panoramic radiographs (Kodak ACR-2000, Eastman Kodak Company, Rochester, NY, USA) taken at the surgical implant installation, at the time of final restoration delivery (baseline), and at 6 and 18 mos after the functional loading were obtained from medical records. They were analyzed by a single independent calibrated examiner using Dent-A-View v1.0 software (DigiDent, DIT, Neshar, Israel). The MBL

Figure 2.

Marginal bone loss (MBL) rates in mm/month (A) in relation to prosthetic abutment height as a continuous variable and (B) as a function of the time since functional loading and the abutment height, classified as short (< 2 mm) or long (\geq 2 mm). Vertical bars are 95% confidence intervals.



was determined by linear measurements taken from the most mesial and distal points of the implant platform to the crestal bone on each panoramic radiograph, corrected according to the known height and width of each implant.

Statistical Analysis

Descriptive statistics, analysis of variance, the exact chi-square test, and the linear mixed model were used to examine and determine the effect of the abutment height (primary predictor) on the MBL rates (primary outcome) at 2 peri-implant sites (mesial and distal, secondary predictor) in 2 time frames (6 and 18 mos after functional loading, secondary predictor). We controlled for the following potential confounders: age, sex, smoking habit, periodontal status, restoration type, bone substratum type, and implant width and length. MBL rates were computed for the mesial and distal rates as the difference between MBL at 18 mos and 6 mos divided by the elapsed time in mos (mm/mo). The initial loss rate (in mos) was calculated as the MBL at 6 mos minus the MBL at baseline (*i.e.*, at the functional loading) divided

by 6. These 2 rates were compared to determine whether the MBL rate was constant across time. When no significant difference was found between aspects (mesial/distal) or times (6 and 18 mos), mean rates were used to examine the effect of abutment height. The abutment height was treated both as a continuous variable and in 2 categories: short abutment (SA), < 2.00 mm in height; and long abutment (LA), \geq 2.00 mm in height. A scaled-identity repeated-covariance matrix was used in all cases, following Schwarz's Bayesian information criterion. Analysis of variance and the exact chi-square test were used to analyze the potential associations of abutment height with patient characteristics and clinical features. The Bonferroni correction for multiple comparisons was applied when required.

Results

The study included 131 patients in whom 315 implants were placed. Seven implants from three patients were excluded because data were missing. Out of the final sample of 308 implants, 137 (44.5%) were LA

implants (abutment \geq 2.00 mm) and 171 (55.5%) were SA implants. Table 1 displays the socio-demographic, clinical, and peri-implant variables of the patients. Table 2 gives the MBL values (in mm) for mesial and distal aspects, and the linear mixed-model estimates for MBL rates (in mm/mo).

Appendix Table 1 exhibits the mean values with standard error for the patients' characteristics and clinical features as a function of the abutment height (SA or LA). Results of the analysis of variance (age, implant width, and implant height) and the exact chi-square test (sex, smoking, periodontal status, prosthesis, and bone substratum) indicated that an overdenture was significantly more frequent in SA *vs.* LA implants ($p = .01$), and that the implant was slightly wider in LA *vs.* SA implants ($p = .01$).

Appendix Table 2 shows the results of the linear mixed models for the effects of patient characteristics and clinical variables on MBL rates. MBL rates were higher for grafted *vs.* pristine bone ($p = .013$), for men *vs.* women ($p = .044$), for smokers *vs.* non-smokers ($p < .001$), and for periodontal *vs.* non-periodontal patients ($p < .001$). Bonferroni-corrected

Table 1.
Clinical, Socio-demographic, and Implant-related Variables of the Study Sample

Variable	Level	N	%
Sex	Males	67	52.3
	Females	61	47.7
Smoking	Smokers	45	35.2
	Non-smokers	83	65.6
Alcohol	No	122	95.3
	Yes	6	4.7
Periodontitis	Yes	80	62.5
	No	48	37.5
Plaque	0	2	0.7
	1	155	50.3
	2	107	34.7
	3	44	14.3
Laterality	Right	146	47.4
	Left	162	52.6
Bone type	Graft	163	52.9
	Pristine	145	47.1
Implant diameter (mm)	3.5	21	6.8
	4	53	17.2
	4.5	186	60.4
	5	48	15.6
Implant length (mm)	11	20	6.5
	13	137	44.5
	15	151	49.0
Abutment height (mm)	0	20	6.5
	0.5	114	37.0
	1	37	12.0
	2	120	39.0
	4	17	5.5
Restoration type	FR	140	45.5
	FPD	138	44.8
	OD	30	9.7

Note: Imp, implant; FR, full-arch rehabilitation; FPD, fixed partial denture; OD, overdenture.

comparisons indicated that MBL rates were lower for full-arch rehabilitations than for fixed partial dentures or overdentures and were lower for fixed partial dentures than for overdentures. A significantly lower MBL rate was observed in wider implants ($p = .05$).

Mixed linear analysis of the mesial and distal rates (Table 2) yielded significant effects of abutment height, $F(1,1216) =$

$58.25, p < .01$, time, $F(1,1216) = 23.53, p < .01$, bone type, $F(1,1216) = 6.69, p = .01$, smoking, $F(1,1216) = 19.30, p < .01$, and periodontitis, $F(1,1216) = 6.42, p = .01$. The abutment x time interaction was not significant, $F(1,1216) = 0.64, p > .4$. As shown in Table 2, MBL rates were higher for SA *vs.* LA implants, for the first time period studied (from implant loading to 6 mos post-loading) *vs.* the second (from 6

to 18 mos post loading; Fig. 2B), for periodontal (0.051 mm/mo) *vs.* non-periodontal patients (0.040 mm/mo), for a heavier smoking habit (0.0009 mm/mo), and for grafted (0.050 mm/mo) *vs.* pristine (0.040 mm/mo) bone. As observed in Appendix Table 3, the effect of the abutment height was also significant when considered as a continuous predictor ($p < .001$; Fig 2A).

Discussion

The aim of this study was to determine the influence of prosthetic abutment height on peri-implant marginal bone loss. We hypothesized that a reduced MBL would result from a greater distance between crown and bone and therefore from the utilization of a higher abutment. We found a significantly ($p < .001$) greater MBL in shorter prosthetic abutments (from 0 to 4 mm), in agreement with the finding by Vervaeke *et al.* (2014) of greater bone level changes in implants with short abutments [abutment height < 2 mm (1.17 mm at 1 yr, 1.23 mm at 2 yr); 2 mm, (0.86 mm, 1.03 mm, respectively), or 3 mm (0.38 mm; 0.41 mm)] *vs.* long (≥ 4 mm) abutments at 1 and 2 yr, respectively. In the present study, the abutment height was the variable with most influence on the MBL at both 6 and 18 mos, confirming the desirability of maximizing the distance between crown and bone to obtain a more predictable bone preservation outcome.

The MBL rates at 6 and 18 mos were also influenced by the bone substratum, smoking habit, and periodontal status of our patients. Tobacco consumption is known to promote increased marginal bone loss around implants (Galindo-Moreno *et al.*, 2005), and the present findings suggest that it exerts its effect at early stages of wound healing, possibly by reducing vascularization of the tissues or altering their homeostasis. It has also been shown that, regardless of its etiology, MBL is greater in patients with periodontitis than in those without (Cho-Yan Lee *et al.*, 2012). Increased MBL has also been reported around implants with external *vs.* internal connection (Peñarrocha-Diago *et al.*, 2013), which was reported to have the most influence

Table 2.

Mean Marginal Bone Loss (in mm) at Mesial and Distal Aspects and Mean Marginal Bone Loss Rates (in mm/month) between 0 and 6 Months and between 6 and 12 Months Post-loading as a Function of the Main Predictor and Clinical Variables (standard error in parentheses)

	Aspect	6 months	18 months	Effect	p
	MBL				
SA	Mesial	0.180 (0.025)	0.565 (0.043)	SA vs. LA	< .01
	Distal	0.224 (0.028)	0.704 (0.053)	Time	< .01
LA	Mesial	0.063 (0.014)	0.295 (0.043)	Aspect	< .01
	Distal	0.073 (0.015)	0.312 (0.042)	Abut x Time	< .01
	MBL rates (mm/month)				
Abutment	SA	0.069 (0.004)	0.049 (0.004)	SA vs. LA	< .01
	LA	0.039 (0.005)	0.024 (0.005)	Time	< .01
Bone	Grafted	0.062 (0.004)	0.045 (0.004)	G vs. P	< .01
	Pristine	0.053 (0.004)	0.035 (0.004)		
Periodontitis	No PD	0.043 (0.004)	0.026 (0.004)	No PD vs. PD	< .01
	PD	0.065 (0.003)	0.048 (0.003)		
Smoking		0.001 (0.0003)	0.0008 (0.0002)	Slope (mm/y)	< .01

Note: SA, short abutment (< 2 mm); LA, long abutment (≥ 2 mm); Abut, abutment; G, grafted bone; P, pristine bone; No PD, no history of periodontitis; PD, history of periodontitis.

on MBL of any variable with the exception of abutment height (Galindo-Moreno *et al.*, 2014a,b).

An important secondary aim in our study was to estimate the optimal distance from the prosthetic crown to the bone surface for minimizing bone resorption. Our results demonstrated that this distance is 2 mm. According to Linkevicius and co-workers (2009, 2010), the width of the keratinized mucosa may be the key factor in maintaining peri-implant marginal bone, with 2 mm being the minimum width of keratinized tissue to preserve the marginal bone around implants, independently of the implant features. However, regardless of the keratinized tissue width, the mucosa can be compressed, as suggested by Collaert and De Bruyn (2002), through the selection of a shorter abutment. Our results indicate that the choice of a shorter abutment may increase MBL and that the keratinized tissue width is not the critical factor. For instance, if the remnant mucosa width is 3 mm after tissue healing in the second surgical stage, we can select a prosthetic abutment of 0 mm, 0.5 mm, 1 mm, or 2 mm. All of these heights will give an

esthetic emergence profile, but, as demonstrated in our study, the MBL will differ according to our important clinical decision on the abutment height.

The MBL rate was elevated during the first 6 mos post-loading and decreased thereafter (Table 2). This non-linear trend in MBL progression after functional loading is consistent with the finding by Vervaeke *et al.* (2014) of no significant increase in MBL between 12 and 24 mos post-loading, based on the cumulative percentage of bone level changes after 12 mos. In fact, there is a tendency for consensus and success criteria to assume that MBL takes place largely during the first year.

The present study differs in some important respects from the very few previous studies on the influence of abutment height on MBL. Thus, unlike the studies by Collaert and De Bruyn (2002) and Vervaeke and co-workers (2014), we studied maxillary implants. Mandibular and maxillary bones differ in their stiffness and hardness because of their distinct macro- and micro-architecture. The difference in bone types between mandible (types 1 and 2) and maxilla (types

3 and 4) is known to influence the osseointegration process and the pattern of resorption around the implant neck (Davies, 2003). We studied implants placed in the posterior maxilla, which has a larger amount of keratinized tissue in comparison with that in the edentulous anterior mandible (Romanos *et al.*, 2010). It has been questioned whether the mucosal lining has the capability to function as a proper barrier tissue (Warrar *et al.*, 1995), and it is widely considered that an "adequate" area of keratinized mucosa is desirable around dental implants to prevent soft-tissue recession and to facilitate oral hygiene measures (Wennstrom and Derks, 2012). Finally, Romanos *et al.* (2010) found a greater biologic width in maxillary *vs.* mandibular sites.

A further difference from previous studies is that we compared outcomes between implants in pristine and grafted bone. Our results confirmed previous findings by our group of slight but significant increases in the MBL around implants placed in grafted *vs.* pristine bone (Galindo-Moreno *et al.*, 2014a).

We studied patients with distinct types of prosthetic rehabilitation, observing less

MBL around implants supporting a fixed partial denture than around those supporting an overdenture, which can be explained by differences in load distribution and biomechanics (Kitamura *et al.*, 2004). In the study by Vervaeke *et al.* (2014), all patients carried an overdenture supported by 2 implants.

Our study had some limitations. Being a retrospective study, it was not possible to homogenize the sample, although our statistical methodology minimized this drawback. We also used panoramic radiography, which is less sensitive than periapical techniques for MBL measurement but provides data on features of the posterior maxilla that can influence implant behavior (*e.g.*, bone type). Moreover, periapical radiography at this localization requires utilization of the bisector technique, and resulting differences in angulation may alter MBL measurements.

The height of the prosthetic abutment was the variable with the most influence on MBL, which was greater around implants with shorter abutments. This parameter must be taken into consideration for adequate maintenance of the bone level around implants over time. MBL rates around dental implants appear to follow a non-linear trend, with a faster bone loss during the first 6 mos post-loading than during the following 12 mos.

Acknowledgments

The authors are grateful to Mr. Luis O'Valle for designing the illustration used in this manuscript. This article was supported by Research Groups #CTS-138 and #CTS-583 (Junta de Andalucía, Spain). The authors declare no potential conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article.

References

Berglundh T, Lindhe J (1996). Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol* 23:971-973.

- Cho-Yan Lee J, Mattheos N, Nixon KC, Ivanovski S (2012). Residual periodontal pockets are a risk indicator for peri-implantitis in patients treated for periodontitis. *Clin Oral Implants Res* 23:325-333.
- Collaert B, De Bruyn H (2002). Early loading of four or five Astra Tech fixtures with a fixed cross-arch restoration in the mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 4:133-135.
- Davies JE (2003). Understanding peri-implant endosseous healing. *J Dent Educ* 67: 932-949.
- Galindo-Moreno P, Fauri M, Avila-Ortiz G, Fernández-Barbero JE, Cabrera-León A, Sánchez-Fernández E (2005). Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study. *Clin Oral Implants Res* 16:579-586.
- Galindo-Moreno P, Fernández-Jiménez A, Avila-Ortiz G, Silvestre FJ, Hernández-Cortés P, Wang HL (2014a). Marginal bone loss around implants placed in maxillary native bone or grafted sinuses: a retrospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* 25:378-384.
- Galindo-Moreno P, Fernández-Jiménez A, O'Valle F, Silvestre FJ, Sánchez-Fernández E, Monje A, *et al.* (2014b). Marginal bone loss in implants placed in grafted maxillary sinus. *Clin Implant Dent Relat Res* [Epub ahead of print 5/28/2013] (in press).
- Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL (2000). Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 71:1412-1424.
- Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL (2001). Crestal bone changes around titanium implants: a methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 16:475-485.
- Kitamura E, Stegaroiu R, Nomura S, Miyakawa O (2004). Biomechanical aspects of marginal bone resorption around osseointegrated implants: considerations based on a three-dimensional finite element analysis. *Clin Oral Implants Res* 15:401-412.
- Lindhe J, Meyle J; Group D of European Workshop on Periodontology (2008). Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 35:282-285.
- Linkevicius T, Apse P, Grybauskas S, Puisys A (2009). Reaction of crestal bone around implants depending on mucosal tissue thickness. A 1-year prospective clinical study. *Stomatologija* 11:83-91.
- Linkevicius T, Apse P, Grybauskas S, Puisys A (2010). Influence of thin mucosal tissues on crestal bone stability around implants with platform switching: a 1-year pilot study. *J Oral Maxillofac Surg* 68:2272-2277.
- Peñarrocha-Diago MA, Flichy-Fernández AJ, Alonso-González R, Peñarrocha-Olra D, Balaguer-Martínez J, Peñarrocha-Diago M (2013). Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study. *Clin Oral Implants Res* 24:1192-1200.
- Piattelli A, Vrespa G, Petrone G, Iezzi G, Annibaldi S, Scarano A (2003). Role of the microgap between implant and abutment: a retrospective histologic evaluation in monkeys. *J Periodontol* 74:346-352.
- Qian J, Wennerberg A, Albrektsson T (2012). Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clin Implant Dent Relat Res* 14:792-807.
- Romanos GE, Traini T, Johansson CB, Piattelli A (2010). Biologic width and morphologic characteristics of soft tissues around immediately loaded implants: studies performed on human autopsy specimens. *J Periodontol* 81:70-78.
- Rungsiyakull P, Rungsiyakull C, Appleyard R, Li Q, Swain M, Klineberg I (2011). Loading of a single implant in simulated bone. *Int J Prosthodont* 24:140-143.
- Vervaeke S, Dierens M, Besseler J, De Bruyn H (2014). The influence of initial soft tissue thickness on peri-implant bone remodeling. *Clin Implant Dent Relat Res* 16:238-247.
- Wang HL, Katranji A (2008). ABC sinus augmentation classification. *Int J Periodontics Restorative Dent* 28:383-389.
- Warrar K, Buser D, Lang NP, Karring T (1995). Plaque-induced peri-implantitis in the presence or absence of keratinized mucosa. An experimental study in monkeys. *Clin Oral Implants Res* 6:131-138.
- Wennström JL, Derks J (2012). Is there a need for keratinized mucosa around implants to maintain health and tissue stability? *Clin Oral Implants Res* 23(Suppl 6):136-146.

Discusión

5. DISCUSIÓN

Albrektsson y sus colaboradores establecieron en 1986 los criterios para evaluar el éxito de un implante que han sido mayoritariamente aceptados por la comunidad científica (Albrektsson et al., 1986b). En las últimas décadas, diferentes autores han planteado nuevos criterios de éxito, introduciendo nuevos parámetros para evaluar el éxito de los implantes como el aspecto natural de los tejidos blandos peri-implantarios, parámetros relacionados con la prótesis, nivel estético o satisfacción del paciente (Albrektsson et al., 1986b, Smith and Zarb, 1989, Buser et al., 1990, Annibali et al., 2012). Pero aun hay falta de homogeneidad y no existen criterios uniformes a la hora de evaluar las complicaciones asociadas a un implante (Papaspnyridakos et al., 2012). Sin embargo, y a pesar de la falta de consenso y de que estos criterios de éxito en implantología están bajo constante debate, el principal parámetro sigue siendo el mantenimiento de la osteointegración y el control de la pérdida marginal ósea alrededor del implante (Annibali et al., 2012, Belser et al., 2009).

La pérdida de 2 mm de hueso alrededor del cuello un implante durante el primer año de carga funcional ha sido, durante muchos años, uno de los criterios de éxito asumidos por la mayoría de los autores (Albrektsson et al., 1986b, Misch et al., 2008). Sin embargo, también este aspecto ha sido muy estudiado y discutido, y se han ido planteando distintos valores de MBL durante el primer año de carga funcional que podrían considerarse aceptables, de 1.5 mm (Papaspnyridakos et al., 2012), 1.8 mm (Roos-Jansaker et al., 2006) o 1.5-2 mm (Tarnow et al., 2000). Otros autores como Fransson y cols. o Qian y cols. han valorado esta MBL en función del número de espiras, considerando que una pérdida menor de 3 espiras es un buen resultado, sin tener en cuenta la variabilidad que existe en las distancias entre las espiras para los distintos sistemas de implantes (Fransson et al., 2005, Qian et al., 2012).

Para Jemt y Albrektsson la MBL es un problema complejo causado por muchos factores diferentes que aun no están suficientemente aclarados, de tal

manera que no se puede aceptar un modelo explicativo que excluya ningún factor implicado (Jemt and Albrektsson, 2008). Se han reportado diversas variables tales como trauma quirúrgico (Qian et al., 2012), colonización bacteriana (Heitz-Mayfield, 2008), establecimiento de la anchura biológica (Hermann et al., 2001b), tipo de conexión protésica y presencia de microgap (Broggini et al., 2006, Penarrocha-Diago et al., 2013), substrato óseo (Galindo-Moreno et al., 2015b), hábitos del paciente (Galindo-Moreno et al., 2005) o la sobrecarga oclusal (Isidor, 1996), entre otros.

Parece que la pérdida marginal ósea está influida directamente por las características de cada implante y de cada paciente, que tendrán un papel decisivo en el pronóstico, y que junto con otras variables que también hay que considerar tales como el tipo de oclusión o el tipo de prótesis (Isidor, 1996), servirían para clasificar cada implante como alto o bajo perdedor de hueso.

Uno de los objetivos de este trabajo fue evaluar las variables clave en el desarrollo de MBL así como determinar un punto de corte válido para discriminar entre tipo de implante bajo perdedor de hueso y tipo de implante alto perdedor de hueso. La curva ROC indicó que el valor de corte óptimo para categorizar los implantes como de alto o bajo BLT fue de 1.325 mm a los 18 meses y de 0.441 mm a los 6 meses, de tal manera que una MBL >0.44 mm a los 6 meses, indicaría un aumento posterior en la tasa de MBL. Entendemos, por tanto, que una tasa de MBL, más que un valor concreto de MBL, puede aumentar la habilidad de los clínicos para predecir la pérdida ósea peri-implantaria, y que no es necesario esperar 1 año para determinar el pronóstico de los implantes, ya que tasas elevadas de MBL (>0.44 mm a los 6 meses) revelan la probabilidad de fracaso del implante. En este sentido, consideramos un hallazgo importante el hecho de que la tasa de MBL a los 18 meses estuviera fuertemente asociada con la tasa de MBL en momentos iniciales, de tal manera que, casi todos los implantes (96.1%) con MBL >2 mm a los 18 meses habían mostrado también una alta tasa de MBL a los 6 meses tras la colocación de la prótesis (0.44 mm a los 6 meses; tasa >0.0736 mm/mes). Estos resultados sugieren que una determinada

tasa de MBL inmediatamente después de colocar la restauración, puede representar un claro indicador de riesgo de MBL elevada a medio y largo plazo. Por tanto, dada la controversia actual sobre los factores que pueden afectar la MBL, y la diferencia de criterios acerca de la pérdida ósea máxima aceptable durante el primer año de carga para considerar un implante exitoso, sería conveniente distinguir la pérdida ósea marginal fisiológica de la pérdida ósea patológica.

Existen muchos reportes en la literatura sobre un comportamiento muy parecido entre dientes e implantes, así como de las similitudes entre la periodontitis y la enfermedad peri-implantaria (Mombelli et al., 1995). Muchos estudios que han encontrado una mayor MBL en pacientes con enfermedad periodontal pueden soportar esta idea (Safii et al., 2010, Karoussis et al., 2007). El estudio de Hardt y cols. reportó una MBL de 2.2 ± 0.8 mm alrededor de implantes en pacientes con enfermedad periodontal y 1.7 ± 0.8 mm en pacientes sanos (Hardt et al., 2002). Otro estudio de Aglietta y cols. mostró mayor MBL en pacientes fumadores con historia previa de enfermedad periodontal frente a pacientes periodontalmente sanos (Aglietta et al., 2011). En nuestro estudio la mayoría de los implantes clasificados como altos perdedores de hueso se encontraron en una proporción baja, de manera similar al patrón observado para la periodontitis. Por tanto, la cuestión es conocer si la peri-implantitis es un proceso infeccioso o si comienza a desarrollarse después de la recesión de los tejidos peri-implantarios. Una tasa elevada de MBL alrededor de implantes en pacientes con enfermedad periodontal no puede explicarse únicamente por una mayor predisposición a la infección, de hecho, en nuestro estudio la historia previa de periodontitis no estuvo significativamente relacionada con la MBL, mostrando sólo efectos marginales. Por el contrario, una elevada MBL promueve la colonización bacteriana y una progresión más rápida de la peri-implantitis, de tal manera que, una vez que la lesión ósea inicial ocurre, la situación empeora rápidamente.

Otro de nuestros objetivos fue determinar la influencia de la altura del pilar protésico en la pérdida marginal ósea peri-implantaria. Encontramos una MBL significativamente mayor ($p < .001$) en implantes con pilares cortos (< 2 mm) que en implantes con pilares largos (≥ 2 mm). Estos resultados son similares a los demostrados por el estudio de Vervaeke y cols. que reveló un incremento significativo en la pérdida marginal ósea en pilares protésicos de altura < 2 mm (1.17 mm/1 año y 1.23 mm/2 años), 2 mm (0.86 mm/1 año y 1.03 mm/2 años), 3 mm (0.38 mm/1 año y 0.41 mm/2 años) comparados con pilares ≥ 4 mm (sin cambios del nivel óseo) (Vervaeke et al., 2014). Collaert y cols. también encontraron resultados similares en implantes colocados en mandíbula, para los que reportaron una MBL media de 1.2 mm, 0.6 mm y 0.4 mm, para pilares de alturas de 0, 1.5 y 3 mm de altura, respectivamente (Collaert and De Bruyn, 2002). Diversos trabajos han demostrado que tras la colocación de un implante, se producirá el establecimiento de la anchura biológica que tendrá unas dimensiones de 3.08 mm en implantes no sumergidos colocados en una sola fase quirúrgica y 3.42-3.80 mm en implantes sumergidos colocados en dos fases quirúrgicas (Cochran et al., 1997, Abrahamsson et al., 1996). Esto podría explicar la mayor MBL observada en implantes con pilares protésicos de corta altura.

Berglundh y Lindhe realizaron un estudio en el año 1996 en perros que demostró que al colocar implantes en zonas con un grosor de mucosa ≤ 2 mm se establecía una anchura biológica de una altura similar a la que se observaba en implantes colocados en zonas con un grosor de mucosa de 3-4 mm, pero se observaba reabsorción ósea de una manera constante (Berglundh and Lindhe, 1996). Esto implica que es necesaria una mínima anchura de mucosa peri-implantaria y que, en algunos casos donde no sea suficiente, se produciría reabsorción ósea para permitir el establecimiento de una anchura biológica determinada. Esto quedó validado por los estudios clínicos realizados en humanos por Linkevicius y cols que demostraron una mayor pérdida marginal ósea, tras un año de carga funcional, en implantes colocados en zonas con < 2 mm de espesor de mucosa, que en implantes colocados en zonas con suficiente grosor de mucosa peri-implantaria (Linkevicius et al., 2009). No obstante, esta

reabsorción ósea marginal, influenciada por el grosor inicial de la mucosa periimplantaria, está limitada y sólo tendrá lugar durante el periodo de cicatrización y tras la intervención quirúrgica, mientras se produce el establecimiento de la anchura biológica (Linkevicius et al., 2010). Además, independientemente de la anchura de la mucosa queratinizada, esta puede ser comprimida en aquellos casos en los que se seleccione un pilar más corto, por lo tanto, no sería un factor crítico. En este punto, nos planteamos que sería interesante estimar la distancia óptima desde la corona protésica hasta la superficie del hueso que ayudaría a minimizar la reabsorción ósea. Nuestros resultados demostraron que esta distancia ideal era de 2 mm.

De acuerdo con Vervaeke y cols. la tasa de MBL mostró una tendencia no lineal con un incremento durante los primeros 6 meses tras la carga para disminuir posteriormente. De hecho, la mayoría de los autores, aceptan como criterio de éxito una MBL inicial desarrollada en gran medida durante el primer año de carga protésica (Albrektsson et al., 1986b, Misch et al., 2008). No obstante nuestro trabajo difiere en algunos aspectos importantes de otros trabajos similares que de igual forma han intentado valorar la influencia de la altura del pilar protésico sobre MBL. A pesar ofrecer resultados muy parecidos, tanto el estudio de Vervaeke y cols. y como el de Collaert y De Bruyn, utilizaron una muestra de implantes colocados en la mandíbula, mientras que nuestros implantes se colocaron en el maxilar superior (Collaert and De Bruyn, 2002, Vervaeke et al., 2014). Existen importantes diferencias en cuanto a la estructura y tipología ósea de ambos maxilares, en la mandíbula encontramos un hueso de tipo I y II, mientras que en el maxilar superior el hueso será de tipo III o IV (Leckholm y Zarb 1985), y, contrariamente a lo esperado, algunos estudios no han encontrado diferencias significativas en cuanto a MBL para los distintos tipos de hueso, y además han observado una tendencia hacia una mayor pérdida marginal ósea alrededor de implantes colocados en hueso Tipo I que en implantes colocados en hueso Tipo III (Lindquist et al., 1996, Blanes et al., 2007a). Según autores como Davies, el hueso maxilar Tipo IV, debido a un mayor trabeculado tiene más capacidad para disipar la fuerza compresiva, y además es

un hueso altamente vascularizado con una mayor celularidad. Ambos factores pueden influenciar el proceso de osteointegración y también el patrón de reabsorción marginal ósea (Davies, 2003). Por otra parte, el maxilar superior presenta una mayor cantidad de encía queratinizada, que Romanos y cols. estimaron en 6.5 ± 2.5 mm frente a 4.8 ± 1.3 mm de encía queratinizada en mandíbula (Romanos et al., 2010). Se ha reportado que la presencia de un collar de encía queratinizada alrededor de los implantes aumenta la capacidad defensiva del sellado biológico previniendo la recesión del tejido blando además de mejorar y facilitar las medidas higiénicas (Wennstrom and Derks, 2012). Además hay que considerar que la presencia de una mucosa de mayor grosor, disminuye el riesgo de pérdida marginal ósea temprana, durante el establecimiento de la anchura biológica (Linkevicius and Apse, 2008). Sin embargo, e independientemente de la presencia de una adecuada vs. inadecuada anchura de encía queratinizada, no hay datos que confirmen una mayor MBL en casos con una anchura < 2 mm, de acuerdo con el estudio de Crespi del año 2010 (Crespi et al., 2010).

Otra diferencia importante con estos estudios previos reside en que nuestro estudio compara implantes colocados en hueso pristino e implantes colocados en hueso maxilar injertado, y nuestros resultados al respecto confirman los resultados obtenidos por otro trabajo de nuestro grupo que encontró una diferencia leve pero significativa con una mayor MBL para implantes colocados en hueso injertado (Galindo-Moreno et al., 2014a). Esto podría deberse a las diferentes propiedades biomecánicas del hueso injertado que toma contacto con la superficie del implante y que podría propiciar un aumento del estrés aplicado al cuello del implante, lo que determinaría un patrón diferente de MBL (Fanuscu et al., 2004).

Otras variables también demostraron afectar las tasas de MBL a los 6 y 18 meses. De acuerdo con otros autores como (Lindquist et al., 1996, Nitzan et al., 2005, Levin et al., 2008, Haas et al., 1996), encontramos una MBL significativamente mayor en pacientes fumadores frente a no fumadores.

Sabemos que el consumo de tabaco afecta negativamente la cicatrización ósea tras una cirugía ya que provoca una disminución en la vascularización local lo que a su vez altera la presencia y actividad de las células defensivas y con ello el proceso inflamatorio (Palmer et al., 2005), por lo que se ha establecido que el consumo de tabaco promueve la pérdida marginal ósea (Galindo-Moreno et al., 2005).

La mayoría de los estudios han demostrado que se produce una menor pérdida marginal de hueso en aquellos pacientes que no padecen enfermedad periodontal frente a aquellos pacientes con enfermedad periodontal (Ormianer and Patel, 2012, Aglietta et al., 2011, Matarasso et al., 2010). En nuestra muestra también observamos esta relación de una manera significativa. Sgolastra y colaboradores realizaron una revisión sistemática que confirma la hipótesis de una fuerte asociación entre enfermedad periodontal y riesgo aumentado de pérdida de implantes, periimplantitis y MBL (Sgolastra et al., 2015). Otra revisión sistemática realizada por Chrcanovic y cols. encontró diferencias en implantes colocados en pacientes con enfermedad periodontal en cuanto a ocurrencia de infecciones postoperatorias y pérdida marginal ósea, que resultaron ser significativamente mayores que en pacientes periodontalmente sanos (Chrcanovic et al., 2014).

El tipo de conexión (externa vs. interna) fue la segunda variable con mayor influencia sobre MBL, con una significación que sólo superó la altura del pilar. Estos mismos resultados han sido reportados por otros muchos autores (Laurell and Lundgren, 2011, Ravald et al., 2013, Monje et al., 2014, Penarrocha-Diago et al., 2013). Se ha demostrado que se produce una mayor concentración de estrés alrededor del cuello de implantes de conexión externa mientras que la conexión interna tiende a disiparlo de una manera más favorable (Nishioka et al., 2011). Junto a ello, una mayor presencia de microgaps, asociados a contaminación bacteriana, daría lugar al comienzo de un proceso inflamatorio crónico, resultando ambos factores en una mayor MBL (Broggini et al., 2003).

Sin embargo, el tipo de conexión no es el único factor relativo al diseño del implante que podría afectar la MBL. El uso de superficies con microrugosidades y el posicionamiento de la interfase implante-pilar internamente más alejada del hueso, suponen cambios que pueden mejorar la preservación del hueso crestal (Glibert et al., 2014). En efecto, la utilidad del concepto de plataforma “platform-switching” para preservar el hueso peri-implantario ha sido estudiada y confirmada por muchos autores (Luongo et al., 2008, Cochran et al., 2009, Degidi et al., 2008, Weng et al., 2010). Una revisión sistemática realizada recientemente por Atieh y cols. demostró además que una discrepancia entre el diámetro del implante y el diámetro del pilar ≥ 0.4 mm se asocia a una respuesta ósea más favorable (Atieh et al., 2010). Nuestros resultados son acordes con los de este autor, y el hecho de que la MBL en implantes de 4.5 mm de diámetro sea similar a la MBL en implantes de 5.0 mm de diámetro, puede explicarse porque la discrepancias en el cambio de plataforma para ambos diámetros de implante son muy próximas (0.395 y 0.705 mm, respectivamente). Sin embargo, observamos que al aumentar la altura del pilar protésico por encima de 2 mm, la MBL en los implantes de 5.0 mm era significativamente mayor. Esto puede deberse a factores quirúrgicos como un fresado más agresivo usado para los implantes de mayor diámetro, que según Qian y cols. puede favorecer la pérdida marginal ósea (Qian et al., 2012). Además, al colocar implantes de mayor diámetro, entrarían en juego otros factores relativos a su colocación espacial tales como proximidad a los dientes adyacentes (Tarnow et al., 2000, Gastaldo et al., 2004) o menor grosor de las corticales vestibular y lingual (Spray et al., 2000, Cardaropoli et al., 2006), que podrían ayudar a explicar esta mayor MBL.

El concepto de platform-switching se basa, desde un punto de vista microbiológico en un desplazamiento de la interfase implante-pilar hacia el eje central del implante provocando un alejamiento del infiltrado inflamatorio del hueso, y disminuyendo los efectos adversos del microgap sobre el hueso periimplantario (Lazzara and Porter, 2006). Además, si el microgap se desplaza verticalmente en sentido coronal alejándolo de la cresta ósea, se produce una menor MBL, de la misma forma que si se desplaza apicalmente y se acerca al

hueso, se produce una mayor reabsorción (Piattelli et al., 2003). Nuestros resultados corroboran esta influencia sobre MBL de un desplazamiento tanto horizontal como verticalmente de la conexión implante-pilar, si bien, el hecho de que el efecto del diámetro del implante solo fuera significativo cuando la altura del pilar fue mayor de 2 mm, pone de manifiesto una mayor influencia de un alejamiento del microgap en sentido vertical, que el desplazamiento en sentido horizontal ocasionado por el uso de platform-switching. Por tanto, la altura del pilar protésico es un factor que debe ser valorado en aras de maximizar la tasa de éxito en implantología.

Este trabajo presenta algunas limitaciones, principalmente relativas a la medición radiográfica. Ninguna técnica radiográfica ofrece una imagen exacta de la situación del hueso crestral de un implante. Las radiografías periapicales son una importante herramienta para valorar la situación clínica tanto en el momento de la colocación de un implante como en cualquier momento posterior durante el tratamiento. La realización de radiografías periapicales de manera longitudinal ayuda a monitorizar los cambios en el hueso crestral de un implante (Albrektsson et al., 2012). Sin embargo, en el maxilar superior requieren la aplicación de la técnica de la bisectriz, ocasionando distintas angulaciones que pueden alterar los valores obtenidos. Hemos utilizado radiografías panorámicas, que por un lado son menos precisas para evaluar y cuantificar la pérdida ósea marginal y distal que las radiografías periapicales, pero por otra parte nos proporcionan información sobre las características del maxilar posterior que pueden afectar la pérdida ósea. Las radiografías panorámicas podrían mostrar mucha concordancia con las radiografías periapicales en la evaluación de MBL (Molander et al., 1991, Akesson et al., 1993), sin embargo, presentan algunas limitaciones para describir con detalle la extensión de los defectos óseos periimplantarios, debido a una resolución limitada, magnificación y distorsión (Akesson et al., 1993). Recientemente, debido al desarrollo de la radiografía panorámica digitalizada, estas imágenes han mejorado su calidad, y algunos autores han validado su utilización para este tipo de estudios (Harris et al., 2002, Angelopoulos et al., 2008). La tomografía de haz cónico (CBCT) se ha convertido

en la más aconsejada, ya que realiza reconstrucciones 3D, reduciendo potencialmente la dosis de radiación, además de ofrecer una alta capacidad de diagnóstico y precisión (Harris et al., 2002). Sin embargo, este tipo de imágenes no han sido usadas en nuestro estudio debido a la falta de disponibilidad y a que todos los pacientes de la muestra fueron revisados y evaluados mediante radiografías panorámicas durante el periodo de seguimiento.

Además, al tratarse de un estudio de seguimiento retrospectivo, no fue posible disponer de una muestra más homogénea, ni evitar a pérdida de aquellos pacientes que no acudieron a sus citas de seguimiento. Por tanto, consideramos que son necesarios estudios longitudinales con mayor muestra de implantes que incluyan suficientes variables para intentar dar respuesta al papel de cada una de ellas en el desarrollo de MBL.

Conclusiones

6. CONCLUSIONES

1. Si la MBL es mayor que el valor de corte de 0,44 mm a los 6 meses post carga, la progresión de MBL tiende a ser significativamente mayor, con un mayor riesgo de fracaso del implante.
2. Una determinada tasa de MBL, más que un valor concreto de MBL, puede aumentar la habilidad de los clínicos para predecir la pérdida ósea peri-implantaria y revelar la probabilidad de fracaso del implante a medio y largo plazo.
3. Las tasas de MBL alrededor de implantes dentales parecen seguir una tendencia no lineal, con una pérdida de masa ósea más rápida durante los primeros 6 meses después de carga, que durante los siguientes 12 meses.
4. La MBL es significativamente mayor en pacientes fumadores, en pacientes con historia previa de enfermedad periodontal, en implantes colocados en huesos injertado y en implantes con conexión externa.
5. La altura del pilar protésico fue la variable que más influyó en la MBL, la cual aumentó alrededor de los implantes con pilares cortos. Este parámetro debe ser considerado para un adecuado mantenimiento del nivel del hueso alrededor de los implantes en el tiempo.
6. Se confirma la utilidad del concepto de cambio de plataforma “platform-switching” para preservar el hueso peri-implantario.
7. Una discrepancia entre el diámetro del implante y el diámetro del pilar ≥ 0.4 mm se asocia a una respuesta ósea más favorable.
8. Un alejamiento, tanto horizontal como vertical, de la conexión implante-pilar y la cresta ósea puede disminuir la MBL, teniendo mayor influencia el alejamiento del micrograp en sentido vertical y reduciendo significativamente más la tasa de pérdida ósea marginal.
9. Sin embargo, los resultados de este estudio deben ser interpretados con cautela y requieren validación con ensayos clínicos más amplios.

Bibliografía

7. BIBLIOGRAFÍA

1988. NIH Consensus Conference Statement: dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 3, 290-3.
- ABRAHAMSSON, I., BERGLUNDH, T., WENNSTROM, J. & LINDHE, J. 1996. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res*, 7, 212-9.
- ADELL, R., LEKHOLM, U., ROCKLER, B. & BRANEMARK, P. I. 1981. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg*, 10, 387-416.
- AGLIETTA, M., SICILIANO, V. I., RASPERINI, G., CAFIERO, C., LANG, N. P. & SALVI, G. E. 2011. A 10-year retrospective analysis of marginal bone-level changes around implants in periodontally healthy and periodontally compromised tobacco smokers. *Clin Oral Implants Res*, 22, 47-53.
- AKESSON, L., HAKANSSON, J., ROHLIN, M. & ZOGER, B. 1993. An evaluation of image quality for the assessment of the marginal bone level in panoramic radiography. A comparison of radiographs from different dental clinics. *Swed Dent J*, 17, 9-21.
- ALBANDAR, J. M., STRECKFUS, C. F., ADESANYA, M. R. & WINN, D. M. 2000. Cigar, pipe, and cigarette smoking as risk factors for periodontal disease and tooth loss. *J Periodontol*, 71, 1874-81.
- ALBREKTSSON, T., BUSER, D., CHEN, S. T., COCHRAN, D., DEBRUYN, H., JEMT, T., KOKA, S., NEVINS, M., SENNERBY, L., SIMION, M., TAYLOR, T. D. & WENNERBERG, A. 2012. Statements from the Estepona consensus meeting on peri-implantitis, February 2-4, 2012. *Clin Implant Dent Relat Res*, 14, 781-2.
- ALBREKTSSON, T., JANSSON, T. & LEKHOLM, U. 1986a. Osseointegrated dental implants. *Dent Clin North Am*, 30, 151-74.
- ALBREKTSSON, T., ZARB, G., WORTHINGTON, P. & ERIKSSON, A. R. 1986b. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1, 11-25.
- ALBREKTSSON, T. & ZARB, G. A. 1993. Current interpretations of the osseointegrated response: clinical significance. *Int J Prosthodont*, 6, 95-105.
- ALOY-PROSPER, A., MAESTRE-FERRIN, L., PENARROCHA-OLTRA, D. & PENARROCHA-DIAGO, M. 2011. Marginal bone loss in relation to the implant neck surface: an update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16, e365-8.
- ANGELOPOULOS, C., THOMAS, S. L., HECHLER, S., PARISSIS, N. & HLAVACEK, M. 2008. Comparison between digital panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the identification of the mandibular canal as part of presurgical dental implant assessment. *J Oral Maxillofac Surg*, 66, 2130-5.
- ANNIBALI, S., BIGNOZZI, I., LA MONACA, G. & CRISTALLI, M. P. 2012. Usefulness of the aesthetic result as a success criterion for implant therapy: a review. *Clin Implant Dent Relat Res*, 14, 3-40.

- ARISAN, V., BOLUKBASI, N., ERSANLI, S. & OZDEMIR, T. 2010. Evaluation of 316 narrow diameter implants followed for 5-10 years: a clinical and radiographic retrospective study. *Clin Oral Implants Res*, 21, 296-307.
- ATIEH, M. A., IBRAHIM, H. M. & ATIEH, A. H. 2010. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol*, 81, 1350-66.
- BAREWAL, R. M., STANFORD, C. & WEESNER, T. C. 2012. A randomized controlled clinical trial comparing the effects of three loading protocols on dental implant stability. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 27, 945-56.
- BEHNEKE, A., BEHNEKE, N. & D'HOEDT, B. 2000. The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: a 5-year follow-up report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 15, 633-45.
- BELSER, U. C., GRUTTER, L., VAILATI, F., BORNSTEIN, M. M., WEBER, H. P. & BUSER, D. 2009. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontol*, 80, 140-51.
- BERGLUNDH, T. & LINDHE, J. 1996. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol*, 23, 971-3.
- BERGLUNDH, T., LINDHE, J., MARINELLO, C., ERICSSON, I. & LILJENBERG, B. 1992. Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*, 3, 1-8.
- BERGLUNDH, T., ZITZMANN, N. U. & DONATI, M. 2011. Are peri-implantitis lesions different from periodontitis lesions? *J Clin Periodontol*, 38 Suppl 11, 188-202.
- BERGMAN, B. 1983. Evaluation of the results of treatment with osseointegrated implants by the Swedish National Board of Health and Welfare. *J Prosthet Dent*, 50, 114-5.
- BLANES, R. J., BERNARD, J. P., BLANES, Z. M. & BELSER, U. C. 2007a. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. I: Clinical and radiographic results. *Clin Oral Implants Res*, 18, 699-706.
- BLANES, R. J., BERNARD, J. P., BLANES, Z. M. & BELSER, U. C. 2007b. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clin Oral Implants Res*, 18, 707-14.
- BLOCK, M. S., GARDINER, D., KENT, J. N., MISIEK, D. J., FINGER, I. M. & GUERRA, L. 1996. Hydroxyapatite-coated cylindrical implants in the posterior mandible: 10-year observations. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 11, 626-33.
- BLOT, W. J., MCLAUGHLIN, J. K., WINN, D. M., AUSTIN, D. F., GREENBERG, R. S., PRESTON-MARTIN, S., BERNSTEIN, L., SCHOENBERG, J. B., STEMHAGEN, A. & FRAUMENI, J. F., JR. 1988. Smoking and drinking in relation to oral and pharyngeal cancer. *Cancer Res*, 48, 3282-7.
- BROGGINI, N., MCMANUS, L. M., HERMANN, J. S., MEDINA, R., SCHENK, R. K., BUSER, D. & COCHRAN, D. L. 2006. Peri-implant inflammation defined by the implant-abutment interface. *J Dent Res*, 85, 473-8.

- BROGGINI, N., MCMANUS, L. M., HERMANN, J. S., MEDINA, R. U., OATES, T. W., SCHENK, R. K., BUSER, D., MELLONIG, J. T. & COCHRAN, D. L. 2003. Persistent acute inflammation at the implant-abutment interface. *J Dent Res*, 82, 232-7.
- BUSER, D., WEBER, H. P. & LANG, N. P. 1990. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Implants Res*, 1, 33-40.
- CANULLO, L., FEDELE, G. R., IANNELLO, G. & JEPSEN, S. 2010. Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Res*, 21, 115-21.
- CANULLO, L., GOGLIA, G., IURLARO, G. & IANNELLO, G. 2009. Short-term bone level observations associated with platform switching in immediately placed and restored single maxillary implants: a preliminary report. *Int J Prosthodont*, 22, 277-82.
- CANULLO, L., IANNELLO, G., PENAROCHA, M. & GARCIA, B. 2012. Impact of implant diameter on bone level changes around platform switched implants: preliminary results of 18 months follow-up a prospective randomized match-paired controlled trial. *Clin Oral Implants Res*, 23, 1142-6.
- CAPPIELLO, M., LUONGO, R., DI IORIO, D., BUGEA, C., COCCHETTO, R. & CELLETTI, R. 2008. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 28, 347-55.
- CARDAROPOLI, G., LEKHOLM, U. & WENNSTROM, J. L. 2006. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: a 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res*, 17, 165-71.
- CHAN, H. L., MISCH, K. & WANG, H. L. 2010. Dental imaging in implant treatment planning. *Implant Dent*, 19, 288-98.
- CHANG, C. L., CHEN, C. S. & HSU, M. L. 2010. Biomechanical effect of platform switching in implant dentistry: a three-dimensional finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 25, 295-304.
- CHOU, C. T., MORRIS, H. F., OCHI, S., WALKER, L. & DESROSIERS, D. 2004. AICRG, Part II: Crestal bone loss associated with the Ankylos implant: loading to 36 months. *J Oral Implantol*, 30, 134-43.
- CHRCANOVIC, B. R., ALBREKTSSON, T. & WENNERBERG, A. 2014. Periodontally compromised vs. periodontally healthy patients and dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Dent*, 42, 1509-27.
- CHRISTEN, A. G. 1983. Dentistry and the alcoholic patient. *Dent Clin North Am*, 27, 341-61.
- CHUNG, D. M., OH, T. J., LEE, J., MISCH, C. E. & WANG, H. L. 2007. Factors affecting late implant bone loss: a retrospective analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 22, 117-26.
- CIFTCI, O., GUNDAY, M., CALISKAN, M., GULLU, H., GUVEN, A. & MUDERRISOGLU, H. 2013. Light cigarette smoking and vascular function. *Acta Cardiol*, 68, 255-61.

- COCHRAN, D. L., BOSSHARDT, D. D., GRIZE, L., HIGGINBOTTOM, F. L., JONES, A. A., JUNG, R. E., WIELAND, M. & DARD, M. 2009. Bone response to loaded implants with non-matching implant-abutment diameters in the canine mandible. *J Periodontol*, 80, 609-17.
- COCHRAN, D. L., HERMANN, J. S., SCHENK, R. K., HIGGINBOTTOM, F. L. & BUSER, D. 1997. Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implanto-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *J Periodontol*, 68, 186-98.
- COLLAERT, B. & DE BRUYN, H. 2002. Early loading of four or five Astra Tech fixtures with a fixed cross-arch restoration in the mandible. *Clin Implant Dent Relat Res*, 4, 133-5.
- COX, J. F. & ZARB, G. A. 1987. The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: a 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2, 91-100.
- CRESPI, R., CAPPARE, P. & GHERLONE, E. 2009. Radiographic evaluation of marginal bone levels around platform-switched and non-platform-switched implants used in an immediate loading protocol. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24, 920-6.
- CRESPI, R., CAPPARE, P. & GHERLONE, E. 2010. A 4-year evaluation of the peri-implant parameters of immediately loaded implants placed in fresh extraction sockets. *J Periodontol*, 81, 1629-34.
- DABDOUB, S. M., TSIGARIDA, A. A. & KUMAR, P. S. 2013. Patient-specific analysis of periodontal and peri-implant microbiomes. *J Dent Res*, 92, 168S-75S.
- DAVIES, J. E. 2003. Understanding peri-implant endosseous healing. *J Dent Educ*, 67, 932-49.
- DEGIDI, M., IEZZI, G., PERROTTI, V. & PIATTELLI, A. 2009. Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: a 5-year follow-up of 550 dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 11, 257-66.
- DEGIDI, M., NARDI, D. & PIATTELLI, A. 2008. Peri-implant tissue and radiographic bone levels in the immediately restored single-tooth implant: a retrospective analysis. *J Periodontol*, 79, 252-9.
- EKE, P. I., DYE, B. A., WEI, L., SLADE, G. D., THORNTON-EVANS, G. O., BORGNACKE, W. S., TAYLOR, G. W., PAGE, R. C., BECK, J. D. & GENCO, R. J. 2015. Update on Prevalence of Periodontitis in Adults in the United States: NHANES 2009 to 2012. *J Periodontol*, 86, 611-22.
- EKFELDT, A., CHRISTIANSSON, U., ERIKSSON, T., LINDEN, U., LUNDQVIST, S., RUNDKRANTZ, T., JOHANSSON, L. A., NILNER, K. & BILLSTROM, C. 2001. A retrospective analysis of factors associated with multiple implant failures in maxillae. *Clin Oral Implants Res*, 12, 462-7.
- ENKLING, N., JOHREN, P., KATSULIS, J., BAYER, S., JERVOE-STORM, P. M., MERICSKE-STERN, R. & JEPSEN, S. 2013. Influence of platform switching on bone-level alterations: a three-year randomized clinical trial. *J Dent Res*, 92, 139S-45S.
- ERICSSON, I., BERGLUNDH, T., MARINELLO, C., LILJENBERG, B. & LINDHE, J. 1992. Long-standing plaque and gingivitis at implants and teeth in the dog. *Clin Oral Implants Res*, 3, 99-103.

- ESPOSITO, M., HIRSCH, J. M., LEKHOLM, U. & THOMSEN, P. 1998. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *Eur J Oral Sci*, 106, 527-51.
- FANUSCU, M. I., VU, H. V. & PONCELET, B. 2004. Implant biomechanics in grafted sinus: a finite element analysis. *J Oral Implantol*, 30, 59-68.
- FARLEY, J. R., FITZSIMMONS, R., TAYLOR, A. K., JORCH, U. M. & LAU, K. H. 1985. Direct effects of ethanol on bone resorption and formation in vitro. *Arch Biochem Biophys*, 238, 305-14.
- FARRONATO, D., SANTORO, G., CANULLO, L., BOTTICELLI, D., MAIORANA, C. & LANG, N. P. 2012. Establishment of the epithelial attachment and connective tissue adaptation to implants installed under the concept of "platform switching": a histologic study in minipigs. *Clin Oral Implants Res*, 23, 90-4.
- FRANSSON, C., LEKHOLM, U., JEMT, T. & BERGLUNDH, T. 2005. Prevalence of subjects with progressive bone loss at implants. *Clin Oral Implants Res*, 16, 440-6.
- GALINDO-MORENO, P., AVILA, G., FERNANDEZ-BARBERO, J. E., AGUILAR, M., SANCHEZ-FERNANDEZ, E., CUTANDO, A. & WANG, H. L. 2007. Evaluation of sinus floor elevation using a composite bone graft mixture. *Clin Oral Implants Res*, 18, 376-82.
- GALINDO-MORENO, P., FAURI, M., AVILA-ORTIZ, G., FERNANDEZ-BARBERO, J. E., CABRERA-LEON, A. & SANCHEZ-FERNANDEZ, E. 2005. Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 16, 579-86.
- GALINDO-MORENO, P., FERNANDEZ-JIMENEZ, A., AVILA-ORTIZ, G., SILVESTRE, F. J., HERNANDEZ-CORTES, P. & WANG, H. L. 2014a. Marginal bone loss around implants placed in maxillary native bone or grafted sinuses: a retrospective cohort study. *Clin Oral Implants Res*, 25, 378-84.
- GALINDO-MORENO, P., FERNANDEZ-JIMENEZ, A., O'VALLE, F., MONJE, A., SILVESTRE, F. J., JUODZBALYS, G., SANCHEZ-FERNANDEZ, E. & CATENA, A. 2015a. Influence of the crown-implant connection on the preservation of peri-implant bone: a retrospective multifactorial analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 30, 384-90.
- GALINDO-MORENO, P., FERNANDEZ-JIMENEZ, A., O'VALLE, F., SILVESTRE, F. J., SANCHEZ-FERNANDEZ, E., MONJE, A. & CATENA, A. 2015b. Marginal bone loss in implants placed in grafted maxillary sinus. *Clin Implant Dent Relat Res*, 17, 373-83.
- GALINDO-MORENO, P., LEON-CANO, A., ORTEGA-OLLER, I., MONJE, A., O'VALLE, F. & CATENA, A. 2015c. Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm. *Clin Oral Implants Res*, 26, e28-34.
- GALINDO-MORENO, P., LEON-CANO, A., ORTEGA-OLLER, I., MONJE, A., SUAREZ, F., F. O. V., SPINATO, S. & CATENA, A. 2014b. Prosthetic Abutment Height is a Key Factor in Peri-implant Marginal Bone Loss. *J Dent Res*, 93, 80S-85S.
- GANELES, J., ZOLLNER, A., JACKOWSKI, J., TEN BRUGGENKATE, C., BEAGLE, J. & GUERRA, F. 2008. Immediate and early loading of Straumann implants with a chemically modified surface (SLActive) in the posterior mandible

- and maxilla: 1-year results from a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res*, 19, 1119-28.
- GASTALDO, J. F., CURY, P. R. & SENDYK, W. R. 2004. Effect of the vertical and horizontal distances between adjacent implants and between a tooth and an implant on the incidence of interproximal papilla. *J Periodontol*, 75, 1242-6.
- GENCO, R. J. & VAN DYKE, T. E. 2010. Prevention: Reducing the risk of CVD in patients with periodontitis. *Nat Rev Cardiol*, 7, 479-80.
- GIANNOPOULOU, C., GEINOZ, A. & CIMASONI, G. 1999. Effects of nicotine on periodontal ligament fibroblasts in vitro. *J Clin Periodontol*, 26, 49-55.
- GLIBERT, M., VERVAEKE, S., DE BRUYN, H. & OSTMAN, P. O. 2014. Clinical and Radiographic Comparison between Platform-Shifted and Nonplatform-Shifted Implant: A One-Year Prospective Study. *Clin Implant Dent Relat Res*.
- HAAS, R., HAIMBOCK, W., MAILATH, G. & WATZEK, G. 1996. The relationship of smoking on peri-implant tissue: a retrospective study. *J Prosthet Dent*, 76, 592-6.
- HAFFAJEE, A. D. & SOCRANSKY, S. S. 1994. Microbial etiological agents of destructive periodontal diseases. *Periodontol 2000*, 5, 78-111.
- HAJISHENGALLIS, G. & LAMONT, R. J. 2012. Beyond the red complex and into more complexity: the polymicrobial synergy and dysbiosis (PSD) model of periodontal disease etiology. *Mol Oral Microbiol*, 27, 409-19.
- HAN, Y. W. & WANG, X. 2013. Mobile microbiome: oral bacteria in extra-oral infections and inflammation. *J Dent Res*, 92, 485-91.
- HANGGI, M. P., HANGGI, D. C., SCHOOLFIELD, J. D., MEYER, J., COCHRAN, D. L. & HERMANN, J. S. 2005. Crestal bone changes around titanium implants. Part I: A retrospective radiographic evaluation in humans comparing two non-submerged implant designs with different machined collar lengths. *J Periodontol*, 76, 791-802.
- HARDT, C. R., GRONDAHL, K., LEKHOLM, U. & WENNSTROM, J. L. 2002. Outcome of implant therapy in relation to experienced loss of periodontal bone support: a retrospective 5- year study. *Clin Oral Implants Res*, 13, 488-94.
- HARRIS, D., BUSER, D., DULA, K., GRONDAHL, K., HARIS, D., JACOBS, R., LEKHOLM, U., NAKIELNY, R., VAN STEENBERGHE, D., VAN DER STELT, P. & EUROPEAN ASSOCIATION FOR, O. 2002. E.A.O. guidelines fo the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin. *Clin Oral Implants Res*, 13, 566-70.
- HEITZ-MAYFIELD, L. J. 2008. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol*, 35, 292-304.
- HERMANN, J. S., BUSER, D., SCHENK, R. K. & COCHRAN, D. L. 2000a. Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol*, 71, 1412-24.
- HERMANN, J. S., BUSER, D., SCHENK, R. K., HIGGINBOTTOM, F. L. & COCHRAN, D. L. 2000b. Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res*, 11, 1-11.

- HERMANN, J. S., BUSER, D., SCHENK, R. K., SCHOOLFIELD, J. D. & COCHRAN, D. L. 2001a. Biologic Width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res*, 12, 559-71.
- HERMANN, J. S., SCHOOLFIELD, J. D., SCHENK, R. K., BUSER, D. & COCHRAN, D. L. 2001b. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol*, 72, 1372-83.
- HURZELER, M., FICKL, S., ZUHR, O. & WACHTEL, H. C. 2007. Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments: preliminary data from a prospective study. *J Oral Maxillofac Surg*, 65, 33-9.
- ISIDOR, F. 1996. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clin Oral Implants Res*, 7, 143-52.
- JAFFIN, R. A. & BERMAN, C. L. 1991. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol*, 62, 2-4.
- JEMT, T. & ALBREKTSSON, T. 2008. Do long-term followed-up Branemark implants commonly show evidence of pathological bone breakdown? A review based on recently published data. *Periodontol 2000*, 47, 133-42.
- KAROUSSIS, I. K., KOTSOVILIS, S. & FOURMOUSIS, I. 2007. A comprehensive and critical review of dental implant prognosis in periodontally compromised partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res*, 18, 669-79.
- KAROUSSIS, I. K., SALVI, G. E., HEITZ-MAYFIELD, L. J., BRAGGER, U., HAMMERLE, C. H. & LANG, N. P. 2003. Long-term implant prognosis in patients with and without a history of chronic periodontitis: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clin Oral Implants Res*, 14, 329-39.
- KLINE, R., HOAR, J. E., BECK, G. H., HAZEN, R., RESNIK, R. R. & CRAWFORD, E. A. 2002. A prospective multicenter clinical investigation of a bone quality-based dental implant system. *Implant Dent*, 11, 224-34.
- KOH, R. U., OH, T. J., RUDEK, I., NEIVA, G. F., MISCH, C. E., ROTHMAN, E. D. & WANG, H. L. 2011. Hard and soft tissue changes after crestal and subcrestal immediate implant placement. *J Periodontol*, 82, 1112-20.
- KOO, K. T., LEE, E. J., KIM, J. Y., SEOL, Y. J., HAN, J. S., KIM, T. I., LEE, Y. M., KU, Y., WIKESJO, U. M. & RHYU, I. C. 2012. The effect of internal versus external abutment connection modes on crestal bone changes around dental implants: a radiographic analysis. *J Periodontol*, 83, 1104-9.
- LAMBERT, F. E., WEBER, H. P., SUSARLA, S. M., BELSER, U. C. & GALLUCCI, G. O. 2009. Descriptive analysis of implant and prosthodontic survival rates with fixed implant-supported rehabilitations in the edentulous maxilla. *J Periodontol*, 80, 1220-30.
- LANG, N. P. & LOE, H. 1972. The relationship between the width of keratinized gingiva and gingival health. *J Periodontol*, 43, 623-7.
- LAURELL, L. & LUNDGREN, D. 2011. Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: a meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*, 13, 19-28.

- LAZZARA, R. J. & PORTER, S. S. 2006. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 26, 9-17.
- LEKHOLM, U., ADELL, R., LINDHE, J., BRANEMARK, P. I., ERIKSSON, B., ROCKLER, B., LINDVALL, A. M. & YONEYAMA, T. 1986. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 15, 53-61.
- LEONHARDT, A., ADOLFSSON, B., LEKHOLM, U., WIKSTROM, M. & DAHLEN, G. 1993. A longitudinal microbiological study on osseointegrated titanium implants in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res*, 4, 113-20.
- LEVIN, L., HERTZBERG, R., HAR-NES, S. & SCHWARTZ-ARAD, D. 2008. Long-term marginal bone loss around single dental implants affected by current and past smoking habits. *Implant Dent*, 17, 422-9.
- LINDHE, J., MEYLE, J. & GROUP, D. O. E. W. O. P. 2008. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol*, 35, 282-5.
- LINDQUIST, L. W., CARLSSON, G. E. & JEMT, T. 1996. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res*, 7, 329-36.
- LINDQUIST, L. W., CARLSSON, G. E. & JEMT, T. 1997. Association between marginal bone loss around osseointegrated mandibular implants and smoking habits: a 10-year follow-up study. *J Dent Res*, 76, 1667-74.
- LINKEVICIUS, T. & APSE, P. 2008. Biologic width around implants. An evidence-based review. *Stomatologija*, 10, 27-35.
- LINKEVICIUS, T., APSE, P., GRYBAUSKAS, S. & PUISYS, A. 2009. The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: a 1-year prospective controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24, 712-9.
- LINKEVICIUS, T., APSE, P., GRYBAUSKAS, S. & PUISYS, A. 2010. Influence of thin mucosal tissues on crestal bone stability around implants with platform switching: a 1-year pilot study. *J Oral Maxillofac Surg*, 68, 2272-7.
- LUONGO, R., TRAINI, T., GUIDONE, P. C., BIANCO, G., COCCHETTO, R. & CELLETTI, R. 2008. Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 28, 551-7.
- MAEDA, Y., MIURA, J., TAKI, I. & SOGO, M. 2007. Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clin Oral Implants Res*, 18, 581-4.
- MATARASSO, S., RASPERINI, G., IORIO SICILIANO, V., SALVI, G. E., LANG, N. P. & AGLIETTA, M. 2010. A 10-year retrospective analysis of radiographic bone-level changes of implants supporting single-unit crowns in periodontally compromised vs. periodontally healthy patients. *Clin Oral Implants Res*, 21, 898-903.
- MCMILLAN, P. J., RIGGS, M. L., BOGLE, G. C. & CRIGGER, M. 2000. Variables that influence the relationship between osseointegration and bone adjacent to an implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 15, 654-61.

- MENGEL, R., BEHLE, M. & FLORES-DE-JACOBY, L. 2007. Osseointegrated implants in subjects treated for generalized aggressive periodontitis: 10-year results of a prospective, long-term cohort study. *J Periodontol*, 78, 2229-37.
- MENGEL, R. & FLORES-DE-JACOBY, L. 2005. Implants in regenerated bone in patients treated for generalized aggressive periodontitis: a prospective longitudinal study. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 25, 331-41.
- MISCH, C. E. 1998. The implant quality scale: a clinical assessment of the health--disease continuum. *Oral Health*, 88, 15-20, 23-5; quiz 25-6.
- MISCH, C. E., PEREL, M. L., WANG, H. L., SAMMARTINO, G., GALINDO-MORENO, P., TRISI, P., STEIGMANN, M., REBAUDI, A., PALTÍ, A., PIKOS, M. A., SCHWARTZ-ARAD, D., CHOUKROUN, J., GUTIERREZ-PEREZ, J. L., MARENZI, G. & VALAVANIS, D. K. 2008. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent*, 17, 5-15.
- MOLANDER, B., AHLQWIST, M., GRONDAHL, H. G. & HOLLENDER, L. 1991. Agreement between panoramic and intra-oral radiography in the assessment of marginal bone height. *Dentomaxillofac Radiol*, 20, 155-60.
- MOMBELLI, A. & DECAILLET, F. 2011. The characteristics of biofilms in peri-implant disease. *J Clin Periodontol*, 38 Suppl 11, 203-13.
- MOMBELLI, A., MARXER, M., GABERTHUEL, T., GRUNDER, U. & LANG, N. P. 1995. The microbiota of osseointegrated implants in patients with a history of periodontal disease. *J Clin Periodontol*, 22, 124-30.
- MONJE, A., SUAREZ, F., GALINDO-MORENO, P., GARCIA-NOGALES, A., FU, J. H. & WANG, H. L. 2014. A systematic review on marginal bone loss around short dental implants (<10 mm) for implant-supported fixed prostheses. *Clin Oral Implants Res*, 25, 1119-24.
- NEWMAN, M. G. & FLEMMIG, T. F. 1988. Periodontal considerations of implants and implant associated microbiota. *J Dent Educ*, 52, 737-44.
- NISHIOKA, R. S., DE VASCONCELLOS, L. G. & DE MELO NISHIOKA, G. N. 2011. Comparative strain gauge analysis of external and internal hexagon, Morse taper, and influence of straight and offset implant configuration. *Implant Dent*, 20, e24-32.
- NITZAN, D., MAMLIDER, A., LEVIN, L. & SCHWARTZ-ARAD, D. 2005. Impact of smoking on marginal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 20, 605-9.
- OH, T. J., YOON, J., MISCH, C. E. & WANG, H. L. 2002. The causes of early implant bone loss: myth or science? *J Periodontol*, 73, 322-33.
- ONG, C. T., IVANOVSKI, S., NEEDLEMAN, I. G., RETZEPI, M., MOLES, D. R., TONETTI, M. S. & DONOS, N. 2008. Systematic review of implant outcomes in treated periodontitis subjects. *J Clin Periodontol*, 35, 438-62.
- ORMIANER, Z. & PATEL, A. 2012. The use of tapered implants in the maxillae of periodontally susceptible patients: 10-year outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 27, 442-8.
- PABST, M. J., PABST, K. M., COLLIER, J. A., COLEMAN, T. C., LEMONS-PRINCE, M. L., GODAT, M. S., WARING, M. B. & BABU, J. P. 1995. Inhibition of neutrophil and monocyte defensive functions by nicotine. *J Periodontol*, 66, 1047-55.

- PALMER, R. M., WILSON, R. F., HASAN, A. S. & SCOTT, D. A. 2005. Mechanisms of action of environmental factors--tobacco smoking. *J Clin Periodontol*, 32 Suppl 6, 180-95.
- PAPASPYRIDAKOS, P., CHEN, C. J., SINGH, M., WEBER, H. P. & GALLUCCI, G. O. 2012. Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *J Dent Res*, 91, 242-8.
- PARFITT, A. M. 1988. Bone remodeling. *Henry Ford Hosp Med J*, 36, 143-4.
- PENARROCHA-DIAGO, M. A., FLICHY-FERNANDEZ, A. J., ALONSO-GONZALEZ, R., PENARROCHA-OLTRA, D., BALAGUER-MARTINEZ, J. & PENARROCHA-DIAGO, M. 2013. Influence of implant neck design and implant-abutment connection type on peri-implant health. Radiological study. *Clin Oral Implants Res*, 24, 1192-200.
- PIATTELLI, A., VRESPIA, G., PETRONE, G., IEZZI, G., ANNIBALI, S. & SCARANO, A. 2003. Role of the microgap between implant and abutment: a retrospective histologic evaluation in monkeys. *J Periodontol*, 74, 346-52.
- PITA, M. S., ANCHIETA, R. B., BARAO, V. A., GARCIA, I. R., JR., PEDRAZZI, V. & ASSUNCAO, W. G. 2011. Prosthetic platforms in implant dentistry. *J Craniofac Surg*, 22, 2327-31.
- PONTORIERO, R., TONELLI, M. P., CARNEVALE, G., MOMBELLI, A., NYMAN, S. R. & LANG, N. P. 1994. Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clin Oral Implants Res*, 5, 254-9.
- POZZI, A., AGLIARDI, E., TALLARICO, M. & BARLATTANI, A. 2014. Clinical and radiological outcomes of two implants with different prosthetic interfaces and neck configurations: randomized, controlled, split-mouth clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 16, 96-106.
- PREBER, H. & BERGSTROM, J. 1985. Occurrence of gingival bleeding in smoker and non-smoker patients. *Acta Odontol Scand*, 43, 315-20.
- PROSPER, L., REDAELLI, S., PASI, M., ZARONE, F., RADAELLI, G. & GHERLONE, E. F. 2009. A randomized prospective multicenter trial evaluating the platform-switching technique for the prevention of postrestorative crestal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24, 299-308.
- QIAN, J., WENNERBERG, A. & ALBREKTSSON, T. 2012. Reasons for marginal bone loss around oral implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 14, 792-807.
- QUIRYNEN, M. & LISTGARTEN, M. A. 1990. Distribution of bacterial morphotypes around natural teeth and titanium implants ad modum Branemark. *Clin Oral Implants Res*, 1, 8-12.
- RAMANAUSKAITE, A., BASEVICIENE, N., WANG, H. L. & TOZUM, T. F. 2014. Effect of history of periodontitis on implant success: meta-analysis and systematic review. *Implant Dent*, 23, 687-96.
- RAVALD, N., DAHLGREN, S., TEIWIK, A. & GRONDAHL, K. 2013. Long-term evaluation of Astra Tech and Branemark implants in patients treated with full-arch bridges. Results after 12-15 years. *Clin Oral Implants Res*, 24, 1144-51.
- RENVERT, S., POLYZOIS, I. & CLAFFEY, N. 2011. How do implant surface characteristics influence peri-implant disease? *J Clin Periodontol*, 38 Suppl 11, 214-22.

- RENVERT, S., ROOS-JANSAKER, A. M., LINDAHL, C., RENVERT, H. & RUTGER PERSSON, G. 2007. Infection at titanium implants with or without a clinical diagnosis of inflammation. *Clin Oral Implants Res*, 18, 509-16.
- RODRIGUEZ-CIURANA, X., VELA-NEBOT, X., SEGALA-TORRES, M., RODADO-ALONSO, C., MENDEZ-BLANCO, V. & MATA-BUGUEROLE, M. 2009. Biomechanical repercussions of bone resorption related to biologic width: a finite element analysis of three implant-abutment configurations. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 29, 479-87.
- ROMANOS, G. E., TRAINI, T., JOHANSSON, C. B. & PIATTELLI, A. 2010. Biologic width and morphologic characteristics of soft tissues around immediately loaded implants: studies performed on human autopsy specimens. *J Periodontol*, 81, 70-8.
- ROOS, J., SENNERBY, L., LEKHOLM, U., JEMT, T., GRONDAHL, K. & ALBREKTSSON, T. 1997. A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: a 5-year retrospective analysis of the Branemark implant. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 12, 504-14.
- ROOS-JANSAKER, A. M., FRANKE-STENPORT, V., RENVERT, S., ALBREKTSSON, T. & CLAFFEY, N. 2002. Dog model for study of supracrestal bone apposition around partially inserted implants. *Clin Oral Implants Res*, 13, 455-9.
- ROOS-JANSAKER, A. M., RENVERT, H., LINDAHL, C. & RENVERT, S. 2006. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part III: factors associated with peri-implant lesions. *J Clin Periodontol*, 33, 296-301.
- ROSIER, B. T., DE JAGER, M., ZAURA, E. & KROM, B. P. 2014. Historical and contemporary hypotheses on the development of oral diseases: are we there yet? *Front Cell Infect Microbiol*, 4, 92.
- ROSSI, F., LANG, N. P., DE SANTIS, E., MORELLI, F., FAVERO, G. & BOTTICELLI, D. 2014. Bone-healing pattern at the surface of titanium implants: an experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res*, 25, 124-31.
- SAFII, S. H., PALMER, R. M. & WILSON, R. F. 2010. Risk of implant failure and marginal bone loss in subjects with a history of periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*, 12, 165-74.
- SALVI, G. E., AGLIETTA, M., EICK, S., SCULEAN, A., LANG, N. P. & RAMSEIER, C. A. 2012. Reversibility of experimental peri-implant mucositis compared with experimental gingivitis in humans. *Clin Oral Implants Res*, 23, 182-90.
- SALVI, G. E., FURST, M. M., LANG, N. P. & PERSSON, G. R. 2008. One-year bacterial colonization patterns of *Staphylococcus aureus* and other bacteria at implants and adjacent teeth. *Clin Oral Implants Res*, 19, 242-8.
- SCHNITMAN, P. A. & SHULMAN, L. B. 1979. Recommendations of the consensus development conference on dental implants. *J Am Dent Assoc*, 98, 373-7.
- SCHOU, S., HOLMSTRUP, P., WORTHINGTON, H. V. & ESPOSITO, M. 2006. Outcome of implant therapy in patients with previous tooth loss due to periodontitis. *Clin Oral Implants Res*, 17 Suppl 2, 104-23.
- SCHROTT, A. R., JIMENEZ, M., HWANG, J. W., FIORELLINI, J. & WEBER, H. P. 2009. Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-

- implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. *Clin Oral Implants Res*, 20, 1170-7.
- SCHUCKIT, M. A. 1979. Overview of alcoholism. *J Am Dent Assoc*, 99, 489-93.
- SCHWARTZ-ARAD, D., SAMET, N. & MAMLIDER, A. 2002. Smoking and complications of endosseous dental implants. *J Periodontol*, 73, 153-7.
- SGOLASTRA, F., PETRUCCI, A., SEVERINO, M., GATTO, R. & MONACO, A. 2015. Periodontitis, implant loss and peri-implantitis. A meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*, 26, e8-16.
- SIMONS, W. F., DE SMIT, M., DUYCK, J., COUCKE, W. & QUIRYNEN, M. 2015. The proportion of cancellous bone as predictive factor for early marginal bone loss around implants in the posterior part of the mandible. *Clin Oral Implants Res*, 26, 1051-9.
- SMITH, D. E. & ZARB, G. A. 1989. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *J Prosthet Dent*, 62, 567-72.
- SOCRANSKY, S. S. & HAFFAJEE, A. D. 2005. Periodontal microbial ecology. *Periodontol 2000*, 38, 135-87.
- SPRAY, J. R., BLACK, C. G., MORRIS, H. F. & OCHI, S. 2000. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol*, 5, 119-28.
- STEFLIK, D. E., KOTH, D. L. & MCKINNEY, R. V., JR. 1987. Human clinical trials with the single crystal sapphire endosteal dental implant: three year results, statistical analysis, and validation of an evaluation protocol. *J Oral Implantol*, 13, 39-53.
- TABANELLA, G., NOWZARI, H. & SLOTS, J. 2009. Clinical and microbiological determinants of ailing dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res*, 11, 24-36.
- TAIEB, J., DELARCHE, C., ETHUIN, F., SELLOUM, S., POYNARD, T., GOUGEROT-POCIDALO, M. A. & CHOLLET-MARTIN, S. 2002. Ethanol-induced inhibition of cytokine release and protein degranulation in human neutrophils. *J Leukoc Biol*, 72, 1142-7.
- TARNOW, D. P., CHO, S. C. & WALLACE, S. S. 2000. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol*, 71, 546-9.
- TEZAL, M., GROSSI, S. G., HO, A. W. & GENCO, R. J. 2001. The effect of alcohol consumption on periodontal disease. *J Periodontol*, 72, 183-9.
- VERVAEKE, S., DIERENS, M., BESSELER, J. & DE BRUYN, H. 2014. The influence of initial soft tissue thickness on peri-implant bone remodeling. *Clin Implant Dent Relat Res*, 16, 238-47.
- VIGOLO, P. & GIVANI, A. 2009. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: a 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 24, 103-9.
- WALKER, F. & SHAND, J. 1972. Influence of alcohol on collagen synthesis in vitro. *Lancet*, 1, 233-4.
- WANG, H. L. & KATRANJI, A. 2008. ABC sinus augmentation classification. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 28, 383-9.
- WANG, Y. C., KAN, J. Y., RUNGCHARASSAENG, K., ROE, P. & LOZADA, J. L. 2015. Marginal bone response of implants with platform switching and non-

- platform switching abutments in posterior healed sites: a 1-year prospective study. *Clin Oral Implants Res*, 26, 220-7.
- WEBER, H. P., CROHIN, C. C. & FIORELLINI, J. P. 2000. A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res*, 11, 144-53.
- WENG, D., NAGATA, M. J., BELL, M., DE MELO, L. G. & BOSCO, A. F. 2010. Influence of microgap location and configuration on peri-implant bone morphology in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 25, 540-7.
- WENNSTROM, J. L., BENGAZI, F. & LEKHOLM, U. 1994. The influence of the masticatory mucosa on the peri-implant soft tissue condition. *Clin Oral Implants Res*, 5, 1-8.
- WENNSTROM, J. L. & DERKS, J. 2012. Is there a need for keratinized mucosa around implants to maintain health and tissue stability? *Clin Oral Implants Res*, 23 Suppl 6, 136-46.
- WEYANT, R. J. 1994. Characteristics associated with the loss and peri-implant tissue health of endosseous dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 9, 95-102.
- WIDMARK, G., ANDERSSON, B., CARLSSON, G. E., LINDVALL, A. M. & IVANOFF, C. J. 2001. Rehabilitation of patients with severely resorbed maxillae by means of implants with or without bone grafts: a 3- to 5-year follow-up clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 16, 73-9.
- WILLIAMSON, R. & DAVIS, C. L. 1973. Drug-dependent, alcohol-dependent, and mental patients: clinical study of oral surgery procedures. *J Am Dent Assoc*, 86, 416-9.
- ZITZMANN, N. U. & BERGLUNDH, T. 2008. Definition and prevalence of peri-implant diseases. *J Clin Periodontol*, 35, 286-91.
- ZITZMANN, N. U., BERGLUNDH, T., MARINELLO, C. P. & LINDHE, J. 2001. Experimental peri-implant mucositis in man. *J Clin Periodontol*, 28, 517-23.

Anexos

8. ANEXOS

8.1. Dictamen del Comité Ético de Investigación Clínica



Universidad de Granada
Vicerrectorado de Política
Científica e Investigación

COMISIÓN DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

La Comisión de Ética en Investigación de la Universidad de Granada, oído el informe preliminar del Presidente del Comité en Investigación Humana, emite informe favorable a la metodología en la investigación titulada “Optimización y modulación del comportamiento tisular frente a biomateriales utilizados como injerto para técnicas de elevación de seno maxilar diferida” que dirige D./Dña. Pablo Galindo Moreno.

Granada a 10 de marzo de 2009

LA PRESIDENTA

Fdo: M^a Dolores Suárez Ortega



LA SECRETARIA

Fdo: M^a Luis Calvache Quesada

8.2. Compendio de publicaciones y evaluación del impacto

Artículos publicados

1. Galindo-Moreno P, **León-Cano A**, Monje A, Ortega-Oller I, O Valle F, Catena A. Abutment height influences the effect of platform switching on peri-implant marginal bone loss. Clin Oral Implants Res. 2015 Feb 11. doi: 10.1111/clr.12554. [Epub ahead of print]. PMID: 25678247.
 - a. Impacto: 3,889
 - b. Orden: 3/88
 - c. Cuartil: 1
 - d. Citas recibidas: 0 (a 11 de noviembre de 2015)

2. Galindo-Moreno P, **León-Cano A**, Ortega-Oller I, Monje A, Suárez F, ÓValle F, Spinato S, Catena A. Prosthetic abutment height is a key factor in peri-implant marginal bone loss. J Dent Res. 2014 Jul;93(7 Suppl):80S-85S. doi: 10.1177/0022034513519800. Epub 2014 Mar 12. PMID: 24621670.
 - a. Impacto: 4,139
 - b. Orden: 1/88
 - c. Cuartil: 1
 - d. Citas recibidas: 1 (a 11 de noviembre de 2015)

3. Galindo-Moreno P, **León-Cano A**, Ortega-Oller I, Monje A, O'Valle F, Catena A. Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm. Clin Oral Implants Res. 2015 Apr;26(4):e28-34. doi: 10.1111/clr.12324. Epub 2014 Jan 3. PMID: 24383987.
 - a. Impacto: 3,889
 - b. Orden: 3/88
 - c. Cuartil: 1
 - d. Citas recibidas: 0 (a 11 de noviembre de 2015)

Premios recibidos

Premio al Mejor Artículo de Investigación sobre Implantología en Revistas de Impacto Extranjeras Titulado “**Prosthetic abutment height is a key factor in peri-implant marginal bone loss**”, concedido por la Sociedad Española de Cirugía Bucal, durante la celebración del XII Congreso Nacional de la SECIB celebrado en Salamanca durante los días 20-22 de Noviembre de 2014.

Premio al Mejor Artículo de Investigación sobre Implantología en Revistas de Impacto Extranjeras Titulado “**Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm**”, concedido por la Sociedad Española de Cirugía Bucal, durante la celebración del XIII Congreso Nacional de la SECIB celebrado en Bilbao durante los días 29-31 de Octubre de 2015.

Comunicaciones presentadas

Comunicación científica oral titulada “**¿Es la plataforma estrecha el concepto determinante en la pérdida marginal ósea alrededor de implantes?**”, durante el XI Congreso de la Sociedad Española de Cirugía Bucal, celebrado en Madrid los días 28 al 30 de Noviembre de 2013.

Autores: Romero Bustillos M., Toral Gómez M., Ortega Oller I., Fernández Jiménez A., León Cano A., Sánchez Fernández E.

Comunicación científica oral titulada “**Pérdida marginal ósea temprana como factor pronóstico clave en implantología**”, durante la 47ª Reunión Anual de SEPA, celebrada en Granada los días 23, 24 y 25 de Mayo de 2013.

Autores: Ortega Oller I., León Cano A., Torrecillas Martínez L., Monje A., Catena Martínez A., O'Valle Ravassa F., Sánchez Fernández E., Galindo Moreno P.

El doctorando ANA I. LEÓN CANO y los directores de la tesis PROF. PABLO A. GALINDO MORENO y PROF. ANDRÉS CATENA MARTÍNEZ Garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

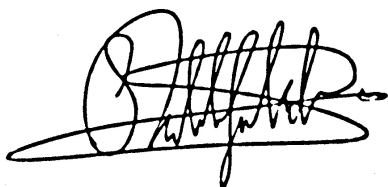
En Granada, 12 de Noviembre de 2015

Director/es de la Tesis

Doctorando

Fdo.: PABLO A. GALINDO MORENO

Fdo.: ANA I. LEÓN CANO



Fdo: ANDRÉS CATENA MARTÍNEZ



